



**ХИМИЯ И ЖИЗНЬ**

**10** /2018







Зарегистрирован  
в Комитете РФ по печати  
19 ноября 2003 года, рег. Эл № 77-8479

НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:  
**Главный редактор**  
Л.Н. Стрельникова  
**Заместитель главного редактора**  
Е.В. Клещенко  
**Главный художник**  
А.В. Астрин

**Редакторы и обозреватели**  
Л.А. Ашкинази,  
В.В. Благутина,  
Ю.И. Зварич,  
С.М. Комаров,  
В.В. Лебедев,  
Н.Л. Резник,  
О.В. Рындина

Подписано в печать 10.10.2018

Типография «Офсет Принт М», 123001,  
Москва, 1-й Красногвардейский пр-д, д. 1

**Адрес редакции**  
119991, Москва, Ленинский просп., 29, стр. 8  
**Адрес для переписки**  
119071, Москва, а/я 57  
**Телефон для справок:**  
8 (495) 722-09-46  
**e-mail:** redaktor@hij.ru  
<http://www.hij.ru>

При перепечатке материалов ссылка  
на «Химию и жизнь — XXI век» обязательна.

На журнал можно подписаться в  
агентствах «Роспечать» — каталог «Роспечать»,  
индексы 72231 и 72232  
«Арзи» — Объединенный каталог  
«Пресса России», индексы — 88763 и 88764  
(рассылка — «Арзи», тел. 443-61-60)  
«МАП» — каталог «Почта России», индексы  
99644 и 99645.  
«Информсистема» — (495) 127-91-47  
«Урал-Пресс» — (495) 789-86-36

На Украине: «Информационная служба мира» —  
38 (440) 559-24-93

© АНО Центр «НаукаПресс»

**Генеральный спонсор журнала**  
компания «Биоамид»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А. Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —  
работа Мелинды Бекк. О том, какими  
видячт друг друга мужчина и женщина,  
читайте в статье «Чего Марс ждет  
от Венеры? А Венера — от Марса?»

*В профессии ученого  
бесконечное множество проблем,  
к разрешению которых  
он должен быть готов.  
Если их нет — поиск кончился.  
И ученый тоже.*

*И.В.Петрянов-Соколов*

## Содержание

<b>Событие</b>	
МОЛЕКУЛЫ ЖИЗНИ И СМЕРТИ. Е. Клещенко .....	2
<b>Наука и общество</b>	
ЛИЦО РОССИЙСКОЙ НАУКИ .....	7
ИНЖЕНЕР НА СЛУЖБЕ .....	8
<b>Хемоскоп</b>	
СИНТЕЗ ЧЕСНОЧНОГО ДУХА. СВИНЕЦ НЕ ВИНОВАТ В ГИБЕЛИ ЭКСПЕДИЦИИ ФРАНКЛИНА. НОВЫЕ РЕКОРДЫ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ. А.И. Курамшин .....	10
<b>Проблемы и методы науки</b>	
ФЕРРОПТОЗ. Н.Л. Резник.....	12
<b>Нанофантастика</b>	
ПОЧЕМУ ОНИ? Ирина Мягкая .....	17
<b>Мемуары Игнобеля</b>	
СЛЮНИ РЕСТАВРАТОРА. С.М. Комаров .....	18
<b>История современности</b>	
МЫ И ПРИБОРЫ. Я.И. Лондер, И.А. Леенсон .....	21
ПУНКТИР. ИСТОРИИ ИЗ МОЕЙ ЖИЗНИ. С.В. Голубков .....	26
<b>Элемент №...</b>	
КАЛИФОРНИЙ: ФАКТЫ И ФАКТИКИ. А.Мотыляев .....	30
<b>Сто химических мифов</b>	
СВИНЦОВЫЕ ОТРАВЛЕНИЯ. И.А. Леенсон .....	32
<b>Расследование</b>	
СУДЬБА СИГАРЕТЫ. С.М. Комаров .....	34
<b>Научный комментатор</b>	
КОНЕЦ ЭПОХИ ЛАМАНТИЗМА? Н. Анина .....	42
<b>Проблемы и методы науки</b>	
ЧЕГО МАРС ЖДЕТ ОТ ВЕНЕРЫ? А ВЕНЕРА — ОТ МАРСА? К.Д. Пипия .....	44
<b>Расследование</b>	
СЕКРЕТ ПРЕЗИДЕНТА ДЖЕФФЕРСОНА. Е. Клещенко.....	48
<b>Панацейка</b>	
ДРЕВО ПЛОДОВИТОСТИ И ВОЗДЕРЖАНИЯ. Н. Ручкина.....	54
<b>Фантастика</b>	
ПУТЕШЕСТВИЕ ЦЗО. Владимир Аникин .....	56
<b>Химики и лирики</b>	
ЭВОЛЮЦИЯ БЕСПРИВЯЗНОГО ТРАКТОРА. Владимир Борисов, Александр Лукашин ..	54

ИНФОРМАЦИЯ	9	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
КНИГИ	61	ПИШУТ, ЧТО...	62

# Долгожданный, уникальный, удобный!

**ХИМИЯ И ЖИЗНЬ**  
пополняемый архив с января 1965 по текущий месяц

вход

о журнале

получить свежий номер

помощь

Центр «НаукаПресс» **СИБУР** Техподдержка и подписки на обновления: [info@hij.ru](mailto:info@hij.ru), [www.hij.ru](http://www.hij.ru)

Художник А. Курашкин

**В**ы покупаете архив, устанавливаете на свой компьютер, и он автоматически обновляется каждый месяц. Все самое интересное легко найти и в старых, и в новых номерах. Бесценные рассказы об ученых, о проблемах и методах химии, биологии, физики, материаловедения, история развития науки и техники, смелые гипотезы и идеи, опыты юных химиков, размышления мудрецов, антология научной фантастики второй половины XX – первой половины XXI века, рисунки ведущих художников-графиков, в общем, то, о чем более полувека пишет журнал «Химия и жизнь», есть в его электронном пополняемом архиве.

Цена 1600 р. на флеш-карте с доставкой почтой РФ и 1300 р. при самостоятельном скачивании дистрибутива с сайта. Узнать подробности об архиве и купить его можно на сайте журнала: [www.hij.ru](http://www.hij.ru), отправив письмо по адресу [redaktor@hij.ru](mailto:redaktor@hij.ru) или позвонив в редакцию по телефону (495) 722-09-46 с 11 до 17-30 по рабочим дням.

Системные требования к рабочему месту для пользования архивом – персональный компьютер под управлением MS Windows 7.0 и старше, подключаемый напрямую, то есть мимо прокси-сервера, к сети Интернет во время установки и обновления. Ограничение: в сетях с центральным сервером и консолями доступа работоспособность архива не очевидна.

# Молекулы жизни и смерти

Конференция «Молекулярная диагностика-2018» состоялась 27—28 октября в «Президент-отеле» в Минске. Форум собрал 640 делегатов, с докладами выступили представители 15 стран. На конференции побывала **Елена Клещенко**.



Что это вообще такое — «молекулярная диагностика», зачем для нее придумали особый термин и модную аббревиатуру MDx? Разве обычный биохимический анализ крови работает не с молекулами? Да, в каком-то смысле так оно и есть: не с молекулами, а с химическими веществами. Биохимический анализ крови определяет присутствие в образце и концентрации веществ из некоего перечня, и предполагается, что все молекулы этого вещества имеют в целом одно и то же строение. Молекулярная диагностика имеет дело с такими молекулами, строение которых разнообразно и не всегда известно заранее: это ДНК, РНК, бактериальные белки, антитела человека. На нынешнем уровне — возможно, с единичными уникальными молекулами. А например, молекулярная эпидемиология изучает распространение инфекционной болезни не только по статистике заболеваемости в регионах, но и сравнивая геномы вирусных штаммов, выделенных от разных больных. При таком подходе в распоряжение врачей и ученых поступает огромное количество данных, поэтому особое значение (как и во всех областях современных наук о жизни) приобретает биоинформатика.

## Антибиотики и «болезнь X»

Современные люди боятся рака, инфарктов и инсультов, а вот инфекционных заболеваний — не очень. Они кажутся излечимыми и нестрашными, а что касается СПИДа, так им заражаются только аморальные люди из групп риска. На самом деле чем дальше, чем яснее, что эта идиллическая картинка далека от истины.

Сегодня в мире около 40 млн человек инфицированы ВИЧ, не менее 10 млн больны туберкулезом, а инфицированных, вероятно, гораздо больше — по данным ВОЗ, около четверти населения земного шара; более 300 млн заражены вирусными гепатитами. Гриппом и ОРВИ болеют 20—30% популяции каждый сезон; заболевания, конечно, несмертельные (если не считать младенцев и пожилых людей в тяжелом гриппе), но давайте прикинем, сколько лет жизни в сумме каждый из нас провел с больной головой, распухшим носом и пониженной до нуля трудоспособностью. А есть еще и другие, кроме СПИДа, заболевания, передающиеся половым путем, и в них нет ровно ничего смешного. Несмотря на усилия просветителей, люди все еще мало знают о папилломавирусах, в том числе о подтипах высокого риска, которые вызывают рак шейки матки, а также другие виды раков. А клещевые инфекции? Нет, это не только в тайге. Юлия Геллер (National Institute for Health Development, Таллин) подчеркнула, что исследование природных очагов в Прибалтике практически не финансируется,



Выступает Анна Попова

но на основании имеющихся данных можно предположить, что переносимые клещами патогены встречаются в Эстонии повсеместно. Клещевые инфекции — проблема и для Беларуси, 40% территории которой покрыта лесами. Как рассказала Людмила Карань (ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора), постоянный очаг клещевого энцефалита недавно выявлен на территории Москвы.

Кроме известных нам, существуют и неизвестные заболевания. Кто знает, сколько инфекционных агентов персистируют в популяциях животных, но могут передаваться человеку? Так произошло с тем же ВИЧ — вирус иммунодефицита обезьян, как теперь известно, передался человеку, скорее всего, при употреблении в пищу обезьяньего мяса. Вирусом Эбола человек также может заразиться от животных, и кто может сказать, сколько еще у природы подобных сюрпризов? Специалисты ВОЗ прогнозируют появление «болезни X» — пандемии, которая убьет миллионы людей. Неизвестно, что это будет за болезнь, что за возбудитель ее вызовет. Исходя из всего, что мы знаем о людях и микроорганизмах, гарантировать можно одно: она придет. Сейчас много говорят, например, о вирусе обезьяньей оспы: выяснилось, что он передается не только от животных людям, но и от человека к человеку. Летальность оценивается «всего» в 10%, но кто поручится, что вирус не станет более патогенным в результате мутации?

Это что касается естественных угроз. Однако не следует сбрасывать со счетов и угрозы антропогенные — биопреступления, биотерроризм, непреднамеренное создание опасных биообъектов. Биологическое оружие запрещено Женевской конвенцией 1925 года, но плохие парни могут играть и не по правилам, а доступность биотехнологий растет с каждым годом. Руководитель Роспотребнадзора, главный санитарный врач РФ Анна Попова, выступая на пленарном заседании в первый день конференции, упомянула гаражные биотехнологии как потенциальную угрозу национальной безопасности. Гаражный биотех назван так по аналогии с «гаражными изобретениями» — сейчас на самом деле необязательно работать в профильном институте, чтобы выделить ДНК и создать генно-модифицированную бактерию. Не то чтобы это было совсем просто, но теоретически уже возможно.

С другой стороны, можно не беспокоиться о сумасшедшем ученом, создающем у себя на кухне адскую чуму, когда к появлению супербактерий, вызывающих неизлечимые заболевания, приложил руку почти каждый из нас. Признавайся, читатель: назначал антибиотики сам себе? Прекращал самовольно курс антибиотиков, назначенный доктором? Поздравляем, ты враг человечества. Впрочем, и доктор не без греха, если выписал антибиотик «на всякий случай».



О проблеме лекарственной устойчивости микроорганизмов на конференции говорилось много. Проблема эта в последние пять лет обсуждается на самом высоком уровне. Одним из катализаторов послужило выступление в Давосе в 2014 году выдающегося британского экономиста Джима О'Нила. Самый впечатляющий его прогноз, который цитируют все, — если лекарственная устойчивость будет прогрессировать теми же темпами, что сейчас, то к 2050 году 10 млн человек ежегодно будет умирать от инфекционных заболеваний. Фактически мы вернемся в эру до открытия антибиотиков, к ситуации, знакомой нам из художественной литературы: туберкулез — приговор, воспаление легких — смертельно опасное заболевание, почти каждый взрослый человек в детстве видел смерть брата, сестры или товарища по играм. После такого о деньгах говорить неловко, и все же: сопутствующий ущерб мировому ВВП составит 8%, или более 210 триллионов долларов. Просто вообразите, что мы снова не умеем лечить туберкулез, только нас намного больше, чем в XIX веке, и живем мы теснее.

В 2016 году проблема антибиотикорезистентности обсуждалась на специальной сессии Генеральной ассамблеи ООН, а в сентябре 2017 года было опубликовано распоряжение правительства РФ по предупреждению и ограничению распространения антимикробной резистентности. Каждая страна должна будет принять меры и отчитаться в этом перед мировым сообществом. Как отметил член-корреспондент РАН Роман Козлов (Смоленский государственный медицинский университет МЗ РФ), «то, что обсуждали в профессиональной среде, стало предметом обсуждения на государственном уровне, а без государственной поддержки эту проблему решить невозможно».

Понятно, что для решения ее нужно прежде всего повысить грамотность врачей и пациентов. Каждый антибиотик — невозстановимый ресурс человечества, назначать их надо по делу, а назначив — принимать до конца, не оставляя бактериям, пережившим первые дозы (то есть тем, которые обладают некоторой устойчивостью) шанса на спасение. Роман Козлов отметил, что особая проблема для России — деятельность антивакцинального лобби: люди отказываются от положенных прививок, коллективный иммунитет падает, в результате даже относительно безвредные бактерии могут выйти из-под контроля.

Но мы не победим ни старые инфекции, ни новые, ни антибиотикорезистентные, если не будем развивать молекулярную диагностику. Постановка диагноза по симптомам — это упущенное драгоценное время: далеко зашедшее развитие болезни, случаи инфицирования, которых могло бы не быть, если бы человек раньше узнал диагноз. Ту же антибиотикорезистентность можно выявить старым добрым микробиологическим методом, выращивая клетки на агаре с добавлением интересующего антибиотика, но это займет дни. А можно отсекувенировать ДНК бактерии и сразу ответить на вопрос: есть ли у нее гены резистентности к конкретному антибиотику? И это позволит назначить лекарство осмысленно, а не



Роман Козлов

«попейте пока тетрациклин, и посмотрим на динамику». На современном этапе обеспечение биологической безопасности невозможно без молекулярной диагностики.

## Геномы людей и геномы клеток

Понятно, что инфекционные болезни были в центре внимания у организаторов конференции. Но есть и другие аспекты, о которых нельзя забывать, например наследственные заболевания. И опять же не следует думать, что это случается с кем угодно, только не с нами и нашими детьми. Член-корреспондент РАН Сергей Куцев (Медико-генетический научный центр РАН, Москва) привел такую статистику: 5% новорожденных имеют наследственные или врожденные заболевания, 80% из них проявляются в младшем возрасте и отвечают за 40% случаев ранней детской смертности. А диагностика до сих пор зачастую остается симптоматической.

Существуют системы неонатального скрининга. Например, в большинстве американских штатов обязательный скрининг новорожденных включает 34 заболевания, в штате Нью-Йорк около 50. Исследуют, как правило, не гены, а маркеры в крови методами масс-спектрометрии. В России новорожденных проверяют на пять заболеваний: фенилкетонурию, врожденный гипотиреоз, галактоземию, муковисцидоз, адреногенитальный синдром. Это знакомый молодым мамам пяточный тест: из пятачка младенца берут несколько капель крови, которые помещают на специальную бумагу. В некоторых регионах тестируют до 11 наследственных патологий, за деньги, в диагностических фирмах, можно проверить больше. За рубежом появляются и коммерческие тесты, ориентированные на гены.

Конечно, если скрининговый тест дал положительный результат, необходимо выполнить подтверждающий тест, чтобы узнать наверняка, прежде чем паниковать. Но даже когда результат положительный — в некоторых случаях это хорошая новость, если узнать ее рано: вовремя начатая терапия или простая коррекция диеты не позволяют развиться патологии, ребенок вырастет практически здоровым. Сергей Куцев привел данные сравнительного исследования двух групп пациентов: у 178 человек наследственные заболевания были выявлены при скрининге, а у 142 — клинически. Тяжелые исходы у первой группы наблюдались всего в 2% случаев, а у второй — в 42%.

Есть и другой вариант — НИПТ, неинвазивное пренатальное тестирование. Новость последних лет — «жидкая биопсия», то есть определение ДНК плода в крови матери. Взятие крови намного менее травматично, чем настоящая биопсия, а мощность современных методов анализа ДНК позволяет выявлять таким образом, например, трисомии (лишние хромосомы).

Помимо однозначно патогенных мутаций есть и другие — отвечающие за мультигенные заболевания, то есть такие, которые связаны с состоянием множества генов. Подобных заболеваний намного больше, чем моногенных, вроде гемофилии, и их изучение, по сути, только начинается. Как сказал член-корреспондент РАН Дмитрий Сычев (Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования МЗ РФ, Москва), подход «ген-кандидат» уходит в историю. Его сменяет полногеномный ассоциативный анализ, он же полногеномный поиск ассоциаций, или GWAS — масштабное исследование, в котором сопоставляются некий фенотип, например болезнь или ее отсутствие, и генетические особенности. Если у здоровых людей в определенном месте определенного гена чаще стоит нуклеотид Т, а у больных G, можно предположить, что именно это отличие связано с болезнью, и таких значимых отличий иногда находят сотни для одной болезни. Это уже епархия персонализированной медицины, как и исследование генов, отвечающих за метаболизм лекарственных препаратов. Клиническая фармакология ближайшего будущего будет назначать лекарства, сообразуясь с его генетической картой.

Важнейшая область медицинской генетики — онкогенетика. Сейчас никто не спорит с тем, что нет единого заболевания под названием «рак», это слово объединяет множество болезней, которые надо по-разному лечить. И в основе их разнообразия лежат генетические изменения. Современная классификация онкологических заболеваний — уже не морфологическая, а молекулярная, она использует полимеразную цепную реакцию (ПЦР) или высокопроизводительное секвенирование. «Морфолог, который не имеет связей с генетической лабораторией, не имеет права ставить диагноз», — сказала Анна Портянко (Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова, Минск).

Член-корреспондент НАНБ Ольга Алейникова (Республиканский научно-практический центр детской онкологии, гематологии и иммунологии Минздрава Республики Беларусь, Минск) сделала сообщение о молекулярной диагностике в детской онкологии — эта область прекрасна тем, что из нее чаще приходят хорошие новости, некоторые ранние раки переходят в категорию излечимых. Практически нет ни одной лейкемии, где в патогенезе не лежала бы та или иная молекулярная поломка, но не все они одинаково опасны: при одних удается вылечить четверых из пяти детей, при других — лишь каждого третьего. Молекулярная диагностика позволяет дать прогноз и выбрать оптимальное лечение.

## NGS и MALDI-TOF

Конечно, на конференции не обошлось без разговора о методах, которые делают возможными все эти замечательные исследования, позволяют ставить такие вопросы, как «насколько разнообразны вирусы внутри одного пациента», «как эволюционирует геном опухоли» и «давайте быстро узнаем, убьет ли эту бактерию рифампицин». Секция, посвященная NGS — next generation sequencing, оно же высокопроизводительное или массовое параллельное секвенирование — началась в 8:30 утра, и зал был полон.

Напомним, почему next generation. Секвенированием первого поколения сейчас называют секвенирование по Сэнгеру (см. «Химию и жизнь, 2018, 8) — классический метод, который когда-то лег в основу первых приборов для автоматического секвенирования, да и по сей день считается наиболее надежным. «Секвенирование следующего поколения», оно же «высокопроизводительное», — собирательное название множества методов, которые появились после 2000 года и не используют сэнгеровскую технологию. Они основаны на разнообразных принципах, общее у них то, что читается



Луиза Ладбрук. Справа MinION — карманный секвенатор компании Oxford Nanopore



СОБЫТИЕ

одновременно множество нитей ДНК, зато довольно коротких — как правило, сотни нуклеотидов, а затем программное обеспечение состыковывает прочтенные кусочки текста в единую последовательность.

К NGS относится, например, секвенирование Solexa (Illumina), то есть технология, разработанная в компании Solexa, позднее приобретенной компанией Illumina. Суть ее в том, что, когда к цепочке ДНК присоединяется очередной нуклеотид, комплементарный исследуемой цепочке, прибор регистрирует вспышку — каждый из четырех нуклеотидов несет флуоресцентную метку своего цвета. «Иллюмина» сегодня — один из лидеров рынка. Компания Thermo Fisher Scientific предлагает клиентам ионное полупроводниковое секвенирование — оно основано на регистрации протона  $H^+$ , который высвобождается, когда к цепочке присоединяется очередной нуклеотид.

А вот то, что предлагает своим клиентам британская компания Oxford Nanopore Technologies, — это уже секвенирование третьего поколения. Нанопоровое секвенирование — очень элегантный метод: молекула ДНК или РНК протаскивается через пору в мембране, помещенной в специальную камеру с раствором; по разные стороны от мембраны есть разность потенциалов. В зависимости от того, какое азотистое основание проходит сквозь пору, сила тока падает и снова растет. Эти колебания регистрируются, и по ним восстанавливается нуклеотидная последовательность! Недостаток метода — его относительно низкая точность, а преимущества — возможность работать с буквально единичными молекулами и фантастически длинные прочтения (риды), то есть последователь-

ности, которые можно считать с одного фрагмента ДНК. Как напомнила в своем докладе Луиза Ладбрук (отдел продаж Oxford Nanopore Technologies, Великобритания), в этом году была достигнута рекордная длина рида — более 2 200 000 нуклеотидов. Два с лишним миллиона! Новый прибор Oxford Nanopore, PromethION, может прочитать 7 терабайт за 48 часов. Еще один важный плюс нанопоровых секвенаторов — их компактность: многие из них выглядят, как карманные устройства, подключаемые через USB-порт к ноутбуку или смартфону. Идея в том, чтобы секвенировать всегда и везде, определять геномы вирусов, растений и животных в полевых условиях, быстро и относительно недорого. Однако эти секвенаторы приобретают и стационарные лаборатории для решения серьезных экспериментальных задач.

Олег Гусев (RIKEN — Казанский федеральный университет), много лет работающий в Японии, рассказал о консорциуме MUSCLE-FANTOM — совместном проекте института японского института RIKEN и КФУ. Это первый консорциум по геномике, которым руководят русские исследователи. Он возник как продолжение знаменитого проекта FANTOM, который занимается некодирующей частью генома млекопитающих, — тем, что раньше легкомысленно называли мусорной ДНК. Как выяснилось, этот «мусор» регулирует активность генов, поэтому «осмысленная» часть, кодирующая белки, без него ничто. MUSCLE-FANTOM исследует механизмы формирования и ремоделинга мышц человека, активность промоторов и энхансеров транскрипции РНК в мышечной ткани в норме и при патологии. Оказывается, множество мутаций, связанных с болезнями, находится вовсе не в кодирующих областях, которые обычно секвенируют, а в тех же энхансерах. А для этих исследований необходимы современные технологии NGS. Я спросила Олега Гусева, почему они выбрали нанопоровое секвенирование, как-никак метод новый, непривычный. Оказалось, именно из-за длинных ридов: для задач проекта бывает важно прочесть целиком полноразмерную РНК: «Иллюминовские короткие прочтения этого не могут дать. Здесь приходит на помощь Oxford Nanopore».

Многие доклады на этой секции были посвящены нетривиальным применениям высокопроизводительного секвенирования, не всегда именно медицинским. Камилл Хафизов (ЦНИИЭ Роспотребнадзора, Москва) рассказал о проекте, совместном со Сколтехом, по анализу продуктов питания растительного происхождения, например чая. «То, что вы завариваете, — далеко не всегда то, что написано на коробочке. А попутно там еще много плесневых грибов обычно, так что вы завариваете грибы», — пояснил Хафизов. Об анализе пчелиного меда с помощью NGS подробнее рассказала Анна Сперанская (ЦНИИЭ, МГУ им. М. В. Ломоносова; Сколковский институт науки и технологий, Москва). Когда продавец называет свой мед «липовым» или «гречишным», он не обязательно врет — возможно, он честно вспоминает, какие растения цвели во время сбора, но вряд ли знает точно, к этим ли растениям летали его пчелы, или, может быть, к каким-то другим. Это можно проверить с помощью анализа



Олег Гусев и Герман Шупулин



## СОБЫТИЕ

пыльцы под микроскопом, но данный метод не всегда позволяет определить растение до вида и требует высокой квалификации. А вот секвенирование определенных участков ДНК растений (баркодов) дает более точный ответ. В конце доклада Анна добавила, что коллеги всегда с интересом следят за их работой, спрашивают, не закончен ли уже ДНК-анализ вот этой баночки и нельзя ли перейти к органолептическому исследованию содержимого...

Павел Скумс (факультет информатики Университета штата Джорджия) рассказал о молекулярно-биоинформатических детективах — о том, как на современном этапе расследуются вспышки вирусных заболеваний. В этих историях не всегда виноваты природа и чье-то невезение. Бывает, что озлобленный человек, зная, что у него вирус, нарочно игнорирует меры безопасности, бывает и похуже — наркозависимый медработник ворует обезболивающие у пациентов, не меняет шприц и заражает множество людей вирусным гепатитом. Кроме того, и при расследовании самых обычных эпидемий важно бывает установить ее начало. В этой области технологии NGS совершили прорыв — там, где раньше удавалось получить один вирусный геном, теперь получают несколько десятков, а сравнение мутаций в этих геномах (конечно, не на глазок, а с помощью методов биоинформатики) позволяет установить, кто из них от кого произошел и, соответственно, кто кому передал вирус. В этом исследовании можно учитывать не только информацию о геномах, но и то, что происходит в макромире, например, эпидемиологические данные или математические свойства социальных связей, объединяющих людей (последнее умеет делать алгоритм QUENTIN, разработанный докладчиком с коллегами).

Кроме высокопроизводительного секвенирования, есть ДНК-микрочипы. Принцип метода следующий: к чипу пришиваются ДНК-зонды, комплементарные определенным последовательностям. Если с конкретным зондом гибридизуется ДНК образца, в данной точке при лазерном сканировании чипа появляется флуоресцентное свечение — это значит, что данная последовательность есть в анализируемой ДНК. Во многих случаях практичнее использовать их, а не NGS. Для анализа белков широко применяются иммуночипы с антителами к специфическим белкам — например, к тем, что характерны для патогенных бактерий.

Секвенирование нуклеиновых кислот — наше всё, но в последнее время много говорят о новом аналитическом методе: MALDI-TOF. Метод MALDI (Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization) основан на получении масс-спектра компонентов под действием коротких высокоинтенсивных импульсов лазера. Для идентификации биомолекул он применяется в сочетании с технологией TOF (time of flight) — разделения ионов в вакууме на основе разного времени их пролета. С помощью MALDI-TOF уже определяют и видовую принадлежность патогенов, и антибиотикорезистентность бактерий, и даже то, не выпивал ли пациент в последние недели (ничего смешного: при патологиях печени бывает жизненно важно убедиться, что больной не лжет врачу на этот счет).



Герман Шипулин

О ситуации с молекулярной диагностикой в России рассказал на пленарном заседании Герман Шипулин (ЦНИИЭ Роспотребнадзора), ответственный секретарь оргкомитета и один из самых главных организаторов конференции. В РФ сейчас свыше 5000 лабораторий молекулярной диагностики. Установлено около 500 приборов для секвенирования по Сэнгеру и около 200 — для NGS. (Это мало: Олег Гусев иронично заметил, что в Китае отсеквенировано больше геномов собак, чем у нас — людей. Но радует положительная динамика.) Вопрос с реагентами практически решен благодаря производству в ЦНИИЭ, компаниям «ДНК-технология», «Вектор-Бест». Понятно, что наши реагенты адаптированы к приборам иностранных фирм. Тем не менее первый отечественный капиллярный секвенатор «Нанофор-05» от компании «Синтол» уже неплохо себя показал. Технологиями одномолекулярного секвенирования занимается российская компания «ГАММА-ДНК» в Сколково, создание NGS-секвенатора планирует и «Синтол».

## Вместо заключения

Помните «Колыбель для кошки» Курта Воннегута, Четырнадцатый том сочинений Боконона? «Может ли разумный человек, учитывая опыт прошедших веков, питать хоть малейшую надежду на светлое будущее человечества?» — «Прочесть Четырнадцатый том недолго. Он состоит всего из одного слова и точки: “Нет”». Трудно не процитировать классика, когда думаешь обо всем этом. О «болезни X», о растущей численности городского населения и бедности стран третьего мира. О человеческой глупости, которая мешает соблюдать элементарные меры безопасности, побуждает покупать в аптеке антибиотик «просто так» и прекращать его пить на третий день. О той разновидности глупости, которая радуется эпидемии в чужой стране и не понимает, что это аплодисменты пожару в соседской квартире, — патогены не знают, что такое государственные границы. Об откровенно суицидальной активности антипрививочников и ВИЧ-отрицателей. О медленной реакции руководящих органов всех стран. Но потом посмотришь в зал во время доклада — врачи, ученые, производители приборов и реагентов, люди, принимающие решения на всех уровнях; Россия, Беларусь, Украина, Прибалтика, Казахстан, США, Великобритания, Китай, Япония... Столько людей, которые понимают, что происходит, и знают, что делать. Все же есть небольшая надежда, что человечество сдаст экзамен на выживание.





# Лицо российской науки



По данным, опубликованным Высшей школой экономики 3 октября 2018 года, поддержка со стороны государства молодых кандидатов и докторов наук способствовала как абсолютному, так и относительному росту данной когорты ученых. Прежде всего, исследовательский корпус страны помолодел; сейчас он на четверть (25,4%) состоит из лиц в возрасте от 30 до 39 лет и примерно на одну пятую (18,4%) — в возрасте до 29 лет. Всего за 2006—2017 годы численность исследователей в возрасте до 39 лет увеличилась с 117,1 до 157,8 тысячи человек, а их удельный вес в общей численности исследователей вырос с 30,1% до 43,9%. При этом ученые в возрасте от 30 до 39 лет составляют самую многочисленную возрастную группу исследователей — 91,4 тысячи человек.



1  
Динамика численности исследователей в России: 2006—2017 (тыс чел)



2  
Удельный вес выпускников, принятых на работу в организации, выполнившие исследования и разработки, в общей численности выпускников образовательных организаций высшего образования (%)

Однако социальные ожидания по поводу научной карьеры остаются не самыми оптимистичными. Только треть граждан страны — 32% — считают профессию ученого удачным выбором для своего ребенка. Академическая

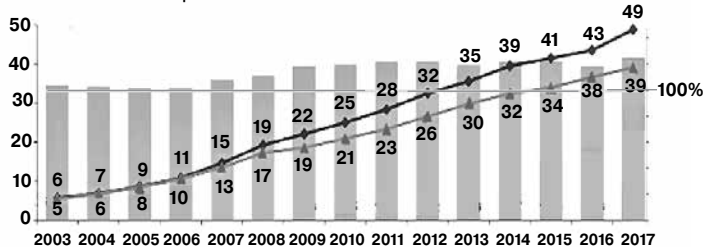
# Инженер на службе



НАУКА И ОБЩЕСТВО

карьера привлекает лишь десятую часть студентов дневных отделений высших учебных заведений, в то время как более половины — 58% — ориентируется на работу в коммерческом секторе, 17% собираются пойти в бюджетный сектор, 15% — на госслужбу. Действительность по сравнению с этими планами еще печальнее: в 2017 году лишь 1% выпускников вузов связал карьеру с наукой, а занявших исследовательские должности и того меньше — 0,7%.

Низкая привлекательность профессии ученого во многом обусловлена стереотипными представлениями о ней: более чем половине населения (53%) она кажется скучной. При этом подавляющее большинство граждан считает ученых альтруистами, которые хотя и помогают решать трудные задачи (80%), работают на благо человечества (72%), но за свой труд получают меньше, чем представители других профессий при аналогичной нагрузке (42%). Кстати, по данным Росстата, в 2017 году среднемесячная заработная плата работников, выполнявших исследования и разработки, на четверть (24,7%) превышала значение показателя по экономике в целом.



■ Среднемесячная заработная плата работников, выполнявших ИР, в процентах к среднемесячной заработной плате в экономике в целом  
 — Среднемесячная заработная плата работников, выполнявших ИР, тыс. руб.  
 — Среднемесячная заработная плата работников в экономике в целом, тыс. руб.

3  
 Среднемесячная заработная плата персонала, занятого исследованиями и разработками (ИР)

Отсюда следует, что повышение привлекательности научной карьеры требует не только улучшения условий труда исследователей и устранения нефинансовых барьеров в науке, но также реализации мер по укреплению имиджа профессии ученого. Огромная ответственность тут лежит на средствах массовой информации, особенно электронных. Помнится, когда-то, когда профессия ученого была престижна, телевидение показывало не то, что оно показывает сейчас, а фильмы про отчаянных людей, которые раскрывают секреты человека, атома и Вселенной.

Подготовил **Л.А.Ашкинази** на основании сообщения Т.В.Ратай, А.И.Нефедова, «Привлекательность научной карьеры в России», Экспресс-информация СИЭЗ НИУ ВШЭ, issek.hse.ru от 3 октября 2018 года

В четвертый раз сообщество GlobalSpec media solutions, основанное Институтом инженеров электротехники и электроники, IEEE, которое обеспечивает более 4 млн инженеров самой разнообразной технической информацией через свои ресурсы в Сети, проводит опрос самочувствия инженеров; свежий обзор вышел в октябре 2018 года. Для сбора информации используют адреса зарегистрированных пользователей базы электронной документации Engineering360.com и подписчиков на издания института. В свежем опросе участие приняли 2236 инженеров. Из них 13% работает в оборонном и аэрокосмическом секторах, 11% — в проектных организациях, 10% — в сфере передачи информации, 9% — в энергетике и 8% — в полупроводниковой промышленности. При этом 36% числится в компаниях, где имеется от 11 до 250 инженеров, а 41% — в крупных компаниях с более чем 250 инженерами.

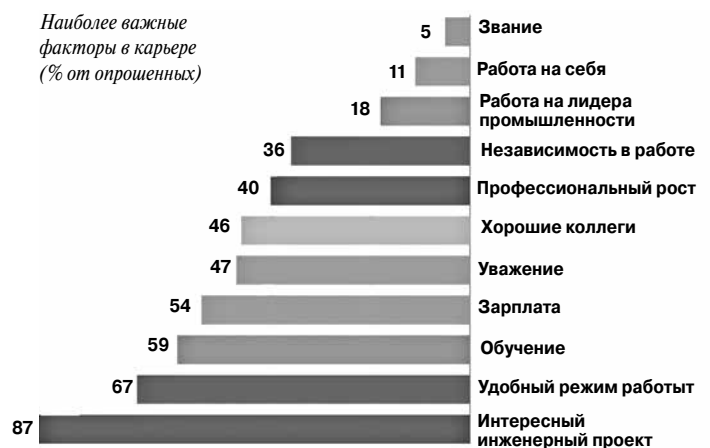
Опрос показал следующие результаты.

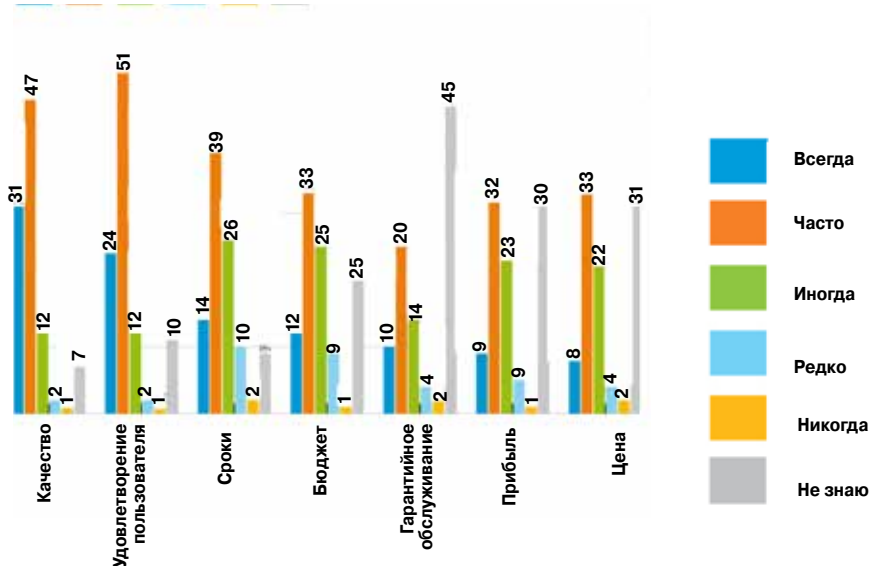
1. Инженеры чувствуют усиливающееся давление рынка. Так, 53% из них отмечают, что им приходится делать больше за меньшее время и деньги; в среднем каждый инженер работает одновременно над четырьмя проектами. При этом, по мнению 73%, размер групп не только остается прежним, но еще и уменьшается. 40% указывают, что из-за стремления уложиться в срок качество продукции находится под угрозой, тем более что разработки становятся технически сложнее, однако сроки на них сокращаются. В результате, чтобы справиться с проблемами, 44% компаний вынуждены обращаться к внешним партнерам или поставщикам услуг.

2. Серьезный вызов представляют конкуренция и изменения технологии. 52% посчитали, что число конкурентов растет, а для 66% соревнование с коллегами не прекращается ни на один день, при этом приходится учитывать, что новая технология может появиться в любой стране, поэтому следить надо за всем земным шаром. Технический прогресс имеет и оборотную сторону: 54% инженеров заметили, что технологии их компаний устаревают все быстрее и быстрее. А еще 75% отметили, что работу в их компаниях сдерживает недостаток людей или ресурсов, причем 66% честно признались: они испытывают именно недостаток талантливых людей или хороших специалистов.

3. Инженеры вполне лояльны по отношению к своей профессии, которая приносит им удовольствие от работы, возможность пополнения знаний и адекватный работе уровень жизни. А вот компании они не очень верны — лишь треть отметила, что проработают в своей организации еще пять и

Наиболее важные факторы в карьере (% от опрошенных)





Как часто удается достичь цели (% от опрошенных)

более лет. Причины — выход на пенсию (32%), просто желание сменить компанию (30%) или возможность занять у конкурента более высокий пост.

4. Серьезную озабоченность вызывает утрата корпоративного знания. 61% инженеров пожаловались, что знания и информация оказываются потерянными для компании при уходе сотрудника и это наносит огромный ущерб. Тенденция роста озабоченности настораживает: за год она увеличилась на 16%, видимо, ситуация с утратой знаний в ходе смены поколений действительно серьезная. Однако внимание на опасность обращают лишь в трети компаний, где имеется

хотя бы формальная практика выявления носителей важных знаний и организация по передаче ими знаний другим сотрудникам. Потеря знаний и навыков, по мнению многих, будет усугубляться, по мере того как ветераны уходят на заслуженный отдых. Между прочим, в советской космической отрасли был прекрасный пример сохранения знаний: когда первое поколение создателей космической техники постарело и несколько растратило творческий потенциал, необходимый для создания нового, для них создали специальное подразделение, в шутку названное «кладбищем слонов»: опыт пожилых специалистов использовали для экспертизы новых проектов.

5. Стремление к творчеству и совершенству разрабатываемого изделия ведет к интересному феномену, который

## НАУКА И ОБЩЕСТВО

мог отметить каждый, кто сталкивался хотя бы с работой программистов. Деятельность группы или инженерного подразделения оценивают прежде всего по качеству продукции, удовлетворению запросов пользователей, соблюдению сроков выполнения и размера бюджета. Однако справиться с этими задачами удается не всегда. Так, если качество продукции и удовлетворение пользователей гарантируют 31% и 24% опрошенных, то всегда соблюдают бюджет и сроки выполнения 14% и 11%. Зато четверть указала, что они лишь иногда укладываются в сроки и выделенное финансирование. А еще 10—12% отметили, что либо никогда не укладываются, либо делают это редко. Видимо, такова уж специфика творческих работников, которые превыше всего ценят удовлетворение от работы.

Подготовил **С.М. Комаров** по материалам «IEEE GlobalSpec Media Solutions. 2018 Pulse of Engineering Survey», [globalspec.com/advertising](http://globalspec.com/advertising)

## О подписке



### Реквизиты:

Получатель платежа: АНО Центр «НаукаПресс»,  
ИНН/КПП 7701325151/770101001 Банк: ПАО «Сбербанк», г.Москва,  
Номер счета: № 40703810938000000848, к/с 3010181040000000225, БИК 044525225  
Назначение платежа: подписка на журнал «Химия и жизнь—XXI век»

Напоминаем, что на наш журнал с любого номера можно подписаться в редакции.

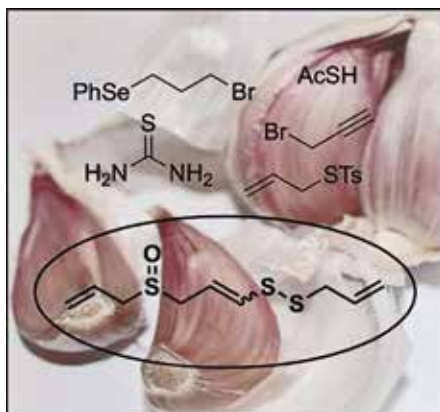
Стоимость подписки на первое полугодие 2019 года: с доставкой по РФ — 1250 рублей, при получении в редакции — 720 рублей.

Об электронных платежах см. [www.hij.ru](http://www.hij.ru).  
Справки по телефону (495)722-09-46.

# Синтез чесночного духа

Свежие экстракты чеснока содержат большое количество полезных для здоровья сераорганических соединений. Один из главных компонентов экстракта, полученного с помощью неполярных растворителей, — ахоен. Он препятствует образованию тромбов и обладает потенциальными противоопухолевыми свойствами. Однако получить это биологически активное вещество из чеснока нерентабельно. Химики из Великобритании сообщили, что им впервые удалось синтезировать ахоен в малое количество стадий и из доступных исходных веществ. Возможно, это интересное с точки зрения фармакологии сераорганическое вещество можно будет получать в больших количествах («*Angew. Chem. Int. Ed.*», 2018; doi: 10.1002/anie.201808605).

Когда мы измельчаем чеснок, ферменты, высвобождающиеся из поврежденной ткани, начинают разрушать основное серосодержащее соединение, входящее в состав чеснока, — аллиин. На первой стадии разрушения аллиина образуется аллицин, благодаря которому блюда со свежим чесноком имеют острый аромат. Аллицин разрушается далее, и продукты дальнейших реакций — жирорастворимые органические сульфиды или дисульфиды. Наиболее устойчивый продукт разложения и основной компонент жирорастворимого экстракта чеснока — ахоен. Получать из чеснока это соединение довольно труд-



Соединения, с помощью которых синтезировали аллиин (формула внизу)

но, поскольку приходится его очищать от других, близких по строению и свойствам продуктов разрушения аллицина.

Чтобы сделать ахоен более доступным, исследователи из группы Томаса Вирта из Университета Кардиффа разработали метод его полного синтеза из простых и коммерчески доступных исходных веществ. Исходное вещество для синтеза ахоена — дибромид; на завершающей стадии с помощью окисления селеноорганическим соединением образуются двойная углерод-углеродная связь и сульфоксидная группа (обе функциональные группы входят в структуру ахоена).

# Свинец не виноват в гибели экспедиции Франклина

Исчезновение экспедиции сэра Джона Франклина, искавшей Северо-Западный проход — пути из Атлантического в Тихий океан, до сих пор остается одной из тайн освоения Арктики. Два судна Королевского военно-морского флота «Эребус» и «Террор» и 129 человек экипажа во главе с Франклином и его помощником Френсисом Крозье пропали в канадской Арктике в 1848 году.

Исчезновение экспедиции сэра Джона Франклина, искавшей Северо-Западный проход — пути из Атлантического в Тихий океан, до сих пор остается одной из тайн освоения Арктики. Два судна Королевского военно-морского флота «Эребус» и «Террор» и 129 человек экипажа во главе с Франклином и его помощником Френсисом Крозье пропали в канадской Арктике в 1848 году.

Гибель экспедиции Франклина воодушевила писателей на создание таких произведений, как «Путешествие и приключения капитана Гаттераса» Жюль Верна, «Солом



Гурский был здесь» Мордехая Рихлера, «Арктический дрейф» Клайва Касслера и «Террор» Дэна Симмонса (последний роман, опубликованный в 2007 году, в марте 2018 года экранизировали как сериал).

## ХЕМОСКОП



По словам исследователей, сложнее всего было минимизировать вклад различных побочных реакций, характерных для сераорганических соединений. Эти побочные реакции снижают выход ахоена в его биомиметическом (имитирующем природные процессы) синтезе из аллицина и в некоторых протоколах полного синтеза. Для повышения выхода Вирт с коллегами попробовал несколько различных вариантов, но самое интересное и неожиданное увеличение выхода произошло при масштабировании эксперимента. Когда исследователи брали для синтеза стогранные количества исходных веществ, выход на завершающей стадии окисления оказался 56%, когда же реакцию изучали на миллиграммовых количествах, выход этой же стадии окисления был вдвое меньше.

Полученный в результате полного синтеза ахоен проявлял биологическую активность, идентичную природному. Например, блокировал лежащие в основе образования биопленок дистанционные микроб-микробные взаимодействия грамотрицательных бактерий (для взаимодействия бактерий нужны особые белки, и ахоен блокирует их синтез). Вирт предполагает, что это не единственное потенциальное направление применения ахоена — с разработкой нового метода синтеза карьера этого вещества в медицинской химии только начинается.

## ХЕМОСКОП



На рисунке офицера Королевского флота изображен рабочий момент экспедиции по поиску Франклина и его команды (датируется 1853 годом). Hulton Archive/Getty Images

Летом 1845 года морская полярная экспедиция на двух судах, перестроенных для плаваний во льдах и оснащенных по самым передовым технологиям середины XIX века (усиление корпуса металлическими шпан-

гоутами, отопление в каютах офицеров и матросов, убиравшиеся в специальные ниши гребные винты и рули), вошла в арктические воды Североамериканского региона. Первую зиму экспедиция провела на острове Бичи, там умерли и были похоронены трое членов команды. В следующем году корабли оказались запертыми во льдах у острова Кинг-Вильям, где экспедиция оставалась до апреля 1848 года. В конце апреля остатки команды под руководством Френсиса Крозье попытались добраться Канады, но пропали.

Группа исследователей из Университет Макуон, расположенного в канадской провинции Альберта, серьезно усомнились в одной из наиболее вероятных причин гибели Франклина и команды — отравление людей свинцом из-за того, что им запаивали консервные банки. Они решили проверить версию отравления («PLOS ONE», 2018; doi: 10.1371/journal.pone.0202983).

Ранее проведенные анализы костей, волос и тканей останков членов экспедиции показали повышенное содержание свинца. Это и дало повод историкам обвинить свинец в провале полярной

одиссеи Франклина. Тем не менее этот анализ не ответил на вопрос, как долго продолжалось воздействие свинца на членов команды и какую дозу свинца они успели получить. От этих факторов зависело, являлось ли отравление хроническим или острым. Чтобы ответить на этот вопрос и выяснить, играл ли какую-то роль свинец в гибели экспедиции Франклина, исследователи сформулировали три рабочие гипотезы-предположения.

Во-первых, если у членов экспедиции действительно было острое свинцовое отравление, логично предположить, что в останках членов команды, обнаруженных на острове Кинг-Вильям, должно быть больше свинца, чем у тех, кто умер в самом начале путешествия и похоронен на острове Бичи. Во-вторых, при фатальном отравлении свинцом содержание этого металла должно быть увеличено в тех костных микроструктурах, которые сформировались ближе к смерти, по сравнению с более старыми структурами. В-третьих, если свинец играл существенную роль в гибели экспедиции Франклина, его содержание в останках членов экспедиции Франклина должно быть

больше, чем в останках других моряков Королевского флота, современников погибшей экспедиции.

Для изучения распределения свинца в микроскопических образцах костей и зубов исследователи использовали синхротронную конфокальную рентгеновскую флуоресценцию с высоким разрешением. Результаты исследования показали, что в останках моряков, на островах Кинг-Вильям и Бичи, одинаковое содержание свинца. Более того, оказалось, что контакт со свинцом, по видимому, был общей бедой британских моряков середины XIX века (вероятно, из-за свинцовой пайки банок) и члены полярной экспедиции Франклина ничем не выделяются. Содержание свинца в тканях членов пропавшей полярной экспедиции был в среднем такой же, как и у членов экипажей других судов британского флота — от рядовых матросов до капитанов. В совокупности результаты исследований позволяют исключить свинец из факторов, сыгравших наиболее значительную роль в гибели команд двух кораблей.

## Новые рекорды солнечных батарей

Новый солнечный фотогальванический элемент из органических веществ способен конвертировать в электрическую энергию 17,3% падающего на него солнечного света. Прежний рекорд солнечных батарей составлял 14% («Science», 2018; doi: 10.1126/science.aat2612). Возможно, потенциал органических солнечных батарей недооценен, и со временем они смогут не только составить конкуренцию обычным кремниевым батареям, но и превзойти их. Правда, последнее произойдет, только если решится вопрос долгосрочной устойчивости фотогальванических элементов из органических молекул.

Органические солнечные батареи отличаются целым рядом преимуществ по сравнению с кремниевыми для преобразования солнечной энергии в электрическую. Органические компоненты солнечных батарей легкие и гибкие, их можно наносить на большие поверхности с помощью методов, аналогичных методам струйной печати. Тем не менее ученые долго считали, что органические солнечные батареи а priori менее эффективны, чем кремниевые. Даже обсуждался вопрос, смогут ли они достичь эффективности в 15%.

Обычно перспективные органические вещества для солнечных батарей выбирают с помощью компьютерного моделирования. Оно опирается на

фундаментальные физические принципы, не учитывая свойства материалов, зарекомендовавших себя ранее, либо наоборот — экстраполирует производительность органического вещества по собранному ранее экспериментальным данным, не принимая в расчет теорию. Руководитель исследования, получивший солнечную батарею-рекордсмен, — Юншен Чэнь из Нанькайского университета, говорит, что подход к моделированию, который использовали сотрудники его группы, можно назвать полупрозрачным — они сочетали теорию и ранее полученные экспериментальные данные.

С помощью предложенной модели исследователи спроектировали фотогальванический элемент из двух слоев — такая архитектура органических солнечных батарей применяется достаточно часто для повышения их производительности. Один слой преобразует в электрическую

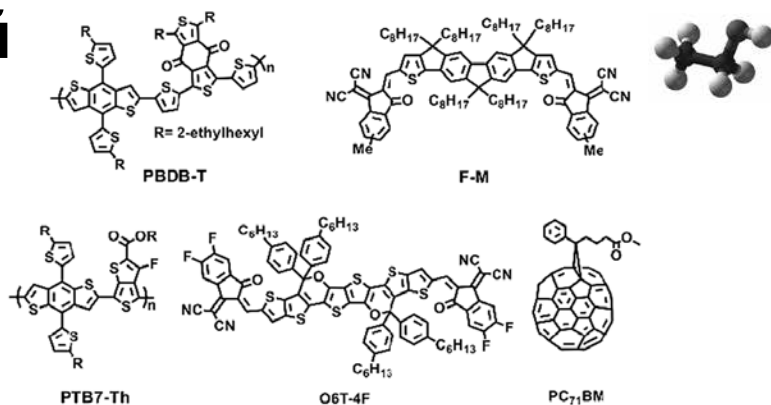
энергию электромагнитные колебания в одной области спектра, другой слой захватывает другую область. Исследователи скомбинировали слой органического вещества, который поглощает фотоны в области видимого света, ранее разработанного в группе Чэня, с новым материалом ОбТ-4F (см. рисунок), преобразующим в электричество колебания в инфракрасном диапазоне спектра.

Двухслойная органическая солнечная батарея конвертировала свет в электроэнергию с эффективностью 17,3%. Это уже приближается к эффективности коммерчески доступных солнечных батарей, которая лежит в пределах 18—22%.

Выпуск подготовил кандидат химических наук

**А.И. Курамшин**

ХЕМОСКОП



Новый материал ОбТ-4F, преобразующий в электричество колебания в инфракрасном диапазоне спектра

# Ферроптоз

Кандидат биологических наук

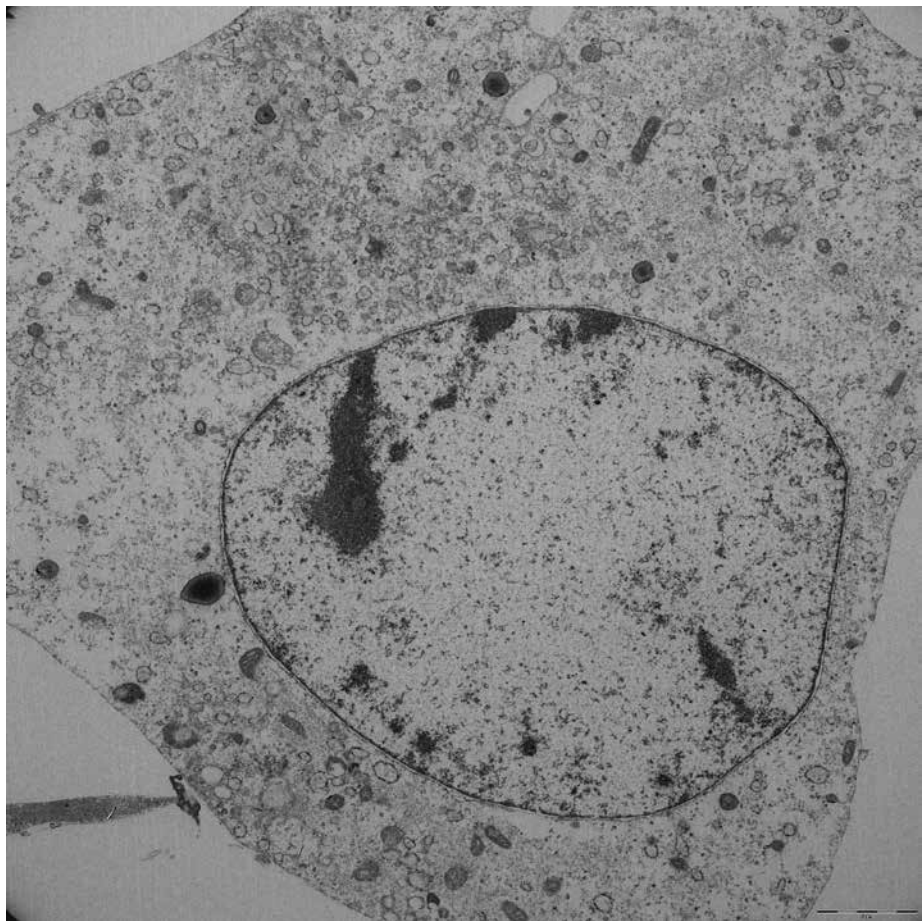
**Н.Л. Резник**

Несколько лет назад специалисты Колумбийского университета (США) проверяли действие малых молекул на опухолевые клетки. В ходе обычных фармакологических исследований ученые открыли новый тип клеточной смерти — ферроптоз. А когда научатся им управлять, надеются обрести лекарства от рака и многих других тяжелых заболеваний.

## Полочки в чуланчике смерти

Биологи привыкли все явления описывать и классифицировать. Не избегла общей участи и клеточная смерть. Ее подразделяют на случайную и регулируемую. Случайная смерть мгновенна и катастрофична: клетка гибнет от высокого давления, температуры или резкого скачка кислотности, лопается в неподходящей среде, ее, наконец, могут просто раздавить. Регулируемая смерть называется так потому, что ею можно управлять, действуя на клетку фармакологическими препаратами или влияя на работу ее генов. Если, конечно, знать молекулярные механизмы процесса и не ошибиться, потому что перечень возможных способов клеточной кончины неуклонно растет. Если до начала нынешнего века любую регулируемую гибель называли апоптозом, то теперь номенклатурный комитет по клеточной смерти предлагает нам длинный список («Cell Death & Differentiation», 2018; doi: 10.1038/s41418-017-0012-4). Клеточная танатология не стоит на месте.

Выделяют три основных типа регулируемой клеточной гибели, хорошо различимые по внешним признакам (рис. 1). Прежде всего, это апоптоз. Цитоплазма обреченной клетки сжимается, ее хроматин конденсируется, а ядро разделяется на фрагменты. В результате клетка распадается на упакованные в мембрану пузырьки — апоптозные тельца, поедаемые соседними фагоцитами. При аутофагии, то есть самоедстве, клетка сама себя переваривает в вакуолях, которых в цитоплазме образуется великое множество. Фагоциты подбирают остатки. И наконец, есть некроз, который, в отличие от апоптоза, не затрагивает



клеточное ядро. Оно остается целым, зато ломается на кусочки клеточная мембрана. Мертвая клетка исчезает без видимого участия фагоцитов.

Внутри этого деления существует более тонкое, основанное на молекулярных механизмах, которые обеспечивают клеточную гибель. Классификация учитывает индукторы, рецепторы, образование новых внутриклеточных структур или изменение существующих, ферментативные и неферментативные реакции, убивающие клетку. Так, апоптоз можно разделить на внешний и внутренний, в зависимости от сигнальных путей активации: через рецепторы внешних мембран или митохондрии внутри клетки. Основные ферменты апоптоза — каспазы.

Некроз происходит без каспаз и также имеет несколько разновидностей. При митоптозе клетка умирает из-за гибели митохондрий. В результате изменений, происходящих внутри клетки, например при окислительном стрессе или избытке ионов кальция, мембрана митохондрий становится проницаемой для небольших молекул и расщепляется.

При пироптозе в плазматической мембране образуются поры, в состав которых входят определенные белки. При одной из форм пироптоза повы-

шается температура тела, отчего этот тип клеточной смерти и получил свое название.

Зависимая от лизосом клеточная гибель — это прободение лизосомной мембраны в результате нарушения внутриклеточного гомеостаза. В лизосомах происходит расщепление макромолекул, и среда внутри них кислая. Когда она изливается в цитоплазму, клетку ничего хорошего не ждет.

Нетоз связан с внеклеточной нейтрофильной ловушкой (neutrophil extracellular trap, NET). Нейтрофилы формируют и выбрасывают во внеклеточное пространство сеть из белков и ДНК, в которую должны ловиться патогены. Однако в нее могут угодить и соседние клетки.

При энтозе одна эпителиальная клетка поглощает и поедает другую, причем в этом непременно участвует актомиозиновый комплекс. Некроптоз — реакция на изменения вне- или внутриклеточной среды, которая зависит от активации определенных рецепторов и белков внутри клетки. Для партанатоза характерны специфические повреждения ДНК в ответ на окислительный стресс, гипоксию, гипогликемию или факторы воспаления. При этом активируется фермент поли(АДФ)-рибозополимераза 1 (PARP1).



1  
Типы регулируемой  
гибели клеток

Это лишь самая общая и краткая характеристика типов регулируемой гибели клеток. А последнюю карту в этом пасьянсе — ферроптоз — мы обсудим подробнее.

## Железная смерть

Ферроптоз — одна из форм некроза, при которой в клетке накапливаются продукты перекисного окисления фосфолипидов, одного из основных компонентов всех клеточных мембран. Окисление происходит в присутствии ионов железа, поэтому данный тип клеточной гибели и называется ферроптозом, термин произошел от греческого слова *ptosis*, означающего «падать», и латинского *ferrum* — «железо». Его предложили первооткрыватели — профессор Колумбийского университета Брент Стоквелл и его коллеги («Cell», 2012; doi: 10.1016/j.cell.2012.03.042).

Помимо неперемного участия железа, ферроптозу свойственна еще одна особенность. Его вызывают исключительно перекиси. Ионы кислорода или свободные радикалы тоже могут окислять фосфолипиды, но эти реакции к ферроптозу не приводят. Перекисное окисление липидов присуще и другим типам клеточной смерти, в том числе и апоптозу, однако апоптоз не требует присутствия солей железа, а апоптотные ферменты не работают при ферроптозе. В нем участвуют другие ферменты, преимущественно

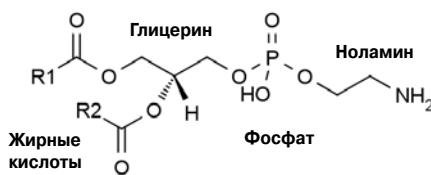
### Ключевые ферменты ферроптоза

Ген	Название	Функция
ACSL4	Ацил-КоА синтетаза 4	Участвует в биосинтезе фосфолипидов
LPCAT3	Лизофосфатидилхолин-ацилтрансфераза 3	Участвует в биосинтезе фосфолипидов
ALOXs	Липоксигеназы арахидоновой кислоты	Катализируют перекисное окисление арахидоновой кислоты
GPX4	Глутатионпероксидаза 4	Восстанавливает гидроперекиси липидов, подавляя ферроптоз

липоксигеназы (LOX). У человека шесть вариантов LOX, у мыши — семь.

Клетки, погибающие от ферроптоза, отличить от апоптотных просто: у них целое ядро, зато митохондрии усыхают и плохо видны, как у фибробласта на фотографии в начале статьи.

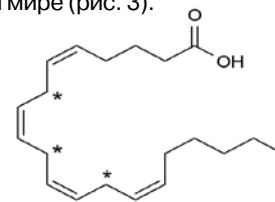
Фосфолипиды легко окисляются благодаря своей структуре. Они состоят из двух остатков жирных кислот, одна из которых, как правило, насыщенная, а другая — ненасыщенная. Эти кислоты образуют эфир с двумя гидроксильными группами глицерина. Третья гидроксильная группа образует сложноэфирную связь с фосфорной кислотой. Фосфорная кислота связана с другим спиртом, составляющим полярную головку фосфолипида (рис. 2).



2  
Фосфатидилэтаноламин (кефалин).  
R1 и R2 — остатки жирных кислот

На рисунке не случайно показан фосфатидилэтаноламин, именно этот тип фосфолипидов чаще всего подвергается перекисному окислению, потому что, как правило, содержит полиненасыщенные арахидоновую (C<sub>20</sub>H<sub>32</sub>O<sub>2</sub>) или адреновую (C<sub>22</sub>H<sub>36</sub>O<sub>2</sub>) кислоты. Их включение в состав фосфолипидов зависит от ферментов ACSL4 и LPCAT3 (см. таблицу).

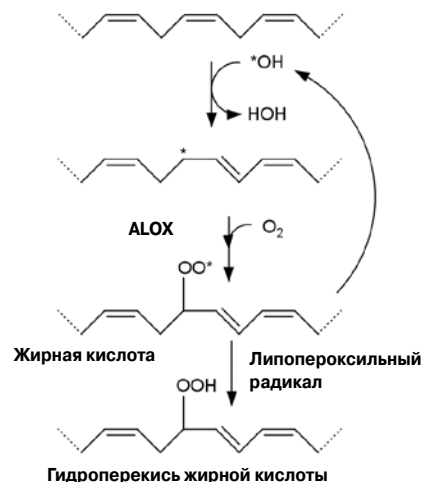
Двойные связи в жирных кислотах не бывают сопряженными, между ними всегда находится метиленовая группа, чрезвычайно чувствительная к атаке липоксигеназ и окислителей. В арахидоновой и адреновой кислотах по четыре двойных связи и по три метиленовых группы, что делает их особенно уязвимыми в нашем кислородном мире (рис. 3).



3  
Арахидоновая кислота.  
Чувствительные к окислению метиленовые группы между двойными связями отмечены звездочками

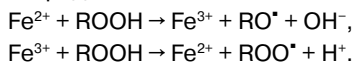
Перекисное окисление происходит под действием свободных радикалов, которые образуются в дыхательной цепи митохондрий или в результате других реакций. Сначала радикал атакует одну из метиленовых групп арахидоновой кислоты, отсоединяя от нее атом водорода. К этой группе арахидонатлипоксигеназа (ALOX) присоединяет молекулярный кислород, и образуется пероксильный радикал ROO<sup>•</sup>. Он может образовать новые радикалы жирных кислот, дав начало цепной реакции, либо реагирует с другой липидной молекулой и восстанавливается до гидроперекиси жирной кислоты ROOH (рис. 4).

### Арахидоновая кислота в составе фосфолипида



4  
Окисление полиненасыщенной жирной кислоты в составе фосфолипида

Реакция перекисного окисления идет гораздо быстрее в присутствии ионов двухвалентного железа, которых в клетке обычно более чем достаточно. В результате реакции Фентона образуются радикалы:



Любая реактивная молекула, способная присоединить атом водорода от полиненасыщенных жирных кислот, будь то продукты реакции Фентона или гидропероксид липидной молекулы, вызывает самоокисление липидов — это автокаталитический процесс, от липоксигеназ не зависящий, поскольку радикалы вступают в цепную реакцию.

При таком окислительном потенциале не уцелела бы ни одна фосфолипидная мембрана, не будь у клетки системы антиоксидантной защиты. В ней два основных участника. Прежде всего, это фермент глутатионпероксидаза 4 (GPX4), который восстанавливает потенциально опасные гидроперекиси липидов (LOOH) в нетоксичные спирты (LOH). Дефицит GPX4 несовместим с жизнью. Мыши, у которых этот ген нокаутирован, погибают на эмбриональной стадии. При ферроптозе активность GPX4 снижена.

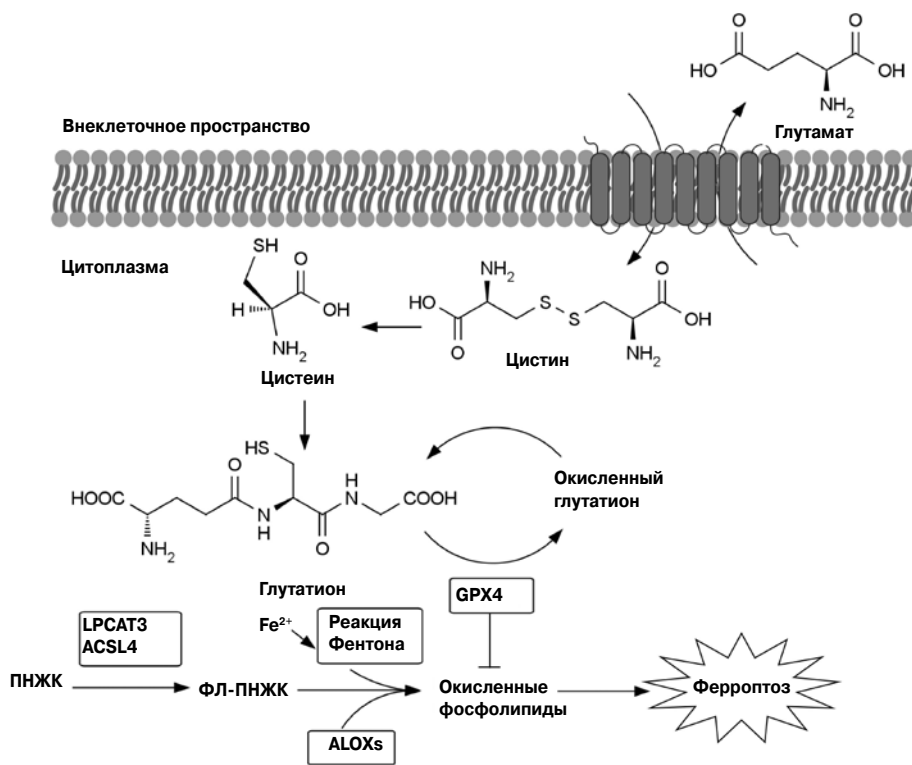
Второй компонент — сам глутатион, субстрат GPX4, внутриклеточный антиоксидант. Это трипептид, состоящий из остатков глутамата, цистеина и глицина. Истощение запасов глутатиона усиливает перекисное окисление липидов и убивает клетку (рис. 5).

## Подавить!

Какие функции выполняет ферроптоз в здоровом организме, пока непонятно. Возможно, он участвует в процессе нормального эмбрионального развития конечности млекопитающих. У эмбриона лапка перепончатая, потом перепонки рассасываются, и в это время экспрессия *Gpx4* понижена и замечены маркеры ферроптоза.

Зато есть много примеров связи ферроптоза с разными патологиями. Именно он повинен в повреждении тканей мозга, сердца, печени и почечных канальцев, пострадавших от ишемии/реперфузии, то есть временного кислородного голодания.

Ферроптоз дает о себе знать при обилии железа, например, в эритроцитах. Когда мышам переливали кровь с эритроцитами, поврежденными от долгого хранения, у них развивалось воспаление. Макрофаги поедали поврежденные эритроциты и погибали от ферроптоза. Он также связан с гемохроматозом печени. Это наследственное заболевание, при котором организм усваивает слишком много железа.



Его излишки откладываются в разных тканях, в том числе в печени, и могут вызывать цирроз.

Ферроптоз нарушает нормальный иммунный ответ, убивая Т-лимфоциты (доказано на мышах). А еще он сопутствует нейродегенеративным заболеваниям, что неудивительно, поскольку нервные клетки отличаются максимальным содержанием полиненасыщенных жирных кислот, а некоторые патологии нервной системы, в том числе болезни Альцгеймера, Паркинсона и Хантингтона и атаксия Фридрейха вызваны неспособностью восстанавливать окисленные липиды. А еще у таких больных повышена концентрация глутамата.

В нервной системе глутамат выполняет функции нейротрансмиттера, но он же участвует в транспорте цистина. Взглянем еще раз на рис. 5. Цистин необходим для синтеза внутриклеточного антиоксиданта глутатиона. В клетку он попадает через антипортер цистин/глутамат. Клетка обменивает цистин на глутамат в соотношении 1:1. Сколько глутамата покинет клетку, столько цистина сможет войти. При избытке глутамата снаружи он из клетки не выходит, цистин внутрь не попадает, его запасы истощаются, глутатион не синтезируется, GPX4 не работает, клетка умирает. Возможно, известная токсичность глутамата для нейронов вызвана именно ферроптозом.

А еще при нейродегенеративных заболеваниях в мозге увеличивается содержание железа. Оно еще и с возрастом увеличивается, что приводит к

Пути ферроптоза. ПНЖК — полиненасыщенные жирные кислоты; ФЛ-ПНЖК — фосфолипиды, содержащие полиненасыщенные жирные кислоты

возрастному риску ферроптоза. И многие нейродегенеративные заболевания тоже возрастные.

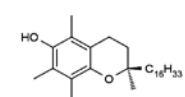
Получается, что ферроптоз — причина многих болезней, и его ингибиторы могли бы улучшить результаты переливания крови, защитить иммунную систему, а главное — справиться со многими тяжелыми заболеваниями, в том числе нейродегенеративными, если отыскать молекулы, способные эффективно преодолевать гематоэнцефалический барьер. Поисками лекарств — ингибиторов ферроптоза заняты многие исследователи, в том числе специалисты Мюнхенского центра им. Гельмгольца Хосе Педро Фридман Анджели и Маркус Конрад («Trends in Pharmacological Sciences», 2017; doi: 10.1016/j.tips.2017.02.005).

Первыми в списке возможных антиферроптозных молекул стоят ингибиторы перекисного окисления липидов. Их можно разделить на две большие группы: ингибиторы окисления, то есть ловцы свободных радикалов, и ингибиторы липоксигеназ (рис. 6).

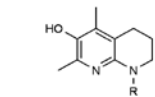
Антиоксиданты связывают радикалы, прерывая цепную реакцию окисления. Считается, что людям полезнее всего α-токоферол, самая биологически активная форма витамина Е. Еще в 1970-х годах исследователи обнаружили, что фибробласты человека, выращенные на среде без цистина, погибают из-за не-

## Антиоксиданты - уловители радикалов

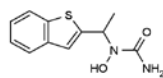
## Ингибиторы перекисного окисления липидов



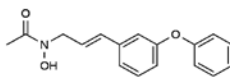
$\alpha$ -токоферол



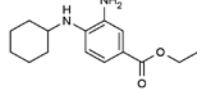
Тетрагидроапиридины



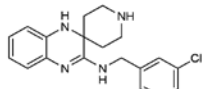
Зилеутон



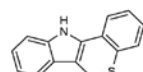
BW A4C



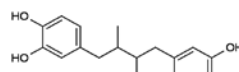
Ферростатин - 1



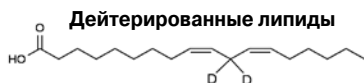
Липоксстатин - 1



PD146176

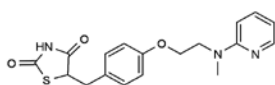


NDGA

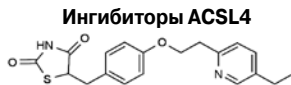


Дейтерированные липиды

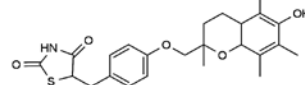
1, 11-d<sub>2</sub>-линолевая кислота



Розиглитазон

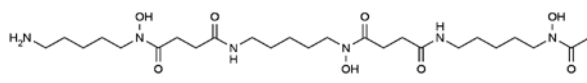


Пиоглитазон

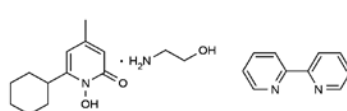


Троглитазон

## Хелаторы железа



Дефероксамин



Циклопироксоламин

2,2 - бипиридил

6

## Ингибиторы ферроптоза

хватки глутатиона, но эту смерть может предотвратить  $\alpha$ -токоферол. Только они не знали, что такая смерть называется ферроптозом. Антиоксиданты, в том числе и токоферол, казались многообещающим лекарством от самых разных болезней, однако не оправдали возлагаемых на них надежд (см. «Химию и жизнь», 2018, 5). Немецкие исследователи, однако, считают, что мы еще мало знаем об антиоксидантах, во всяком случае, дефицит витамина Е связан с предрасположенностью к нейродегенеративным заболеваниям, и надо этот дефицит восполнять.

Лучше всего витамин Е проявляет себя в клеточных культурах. В присутствии  $\alpha$ -токоферола некоторые типы клеток могут выживать даже без гена *Gpx4*; клетки эпителия почечных протоков и нейроны на это не способны, к сожалению. Добавки витамина Е в рацион мышей с нокаутированным геном *Gpx4* восстанавливали антивирусный и антипаразитарный ответ Т-клеток и прекращали дегенерацию гепатоцитов. Правда, все эксперименты на мышах проводят при концентрации витамина Е, по крайней мере в два раза превышающей физиологическую.

Исследователи разрабатывают синтетические аналоги  $\alpha$ -токоферола, возлагая особые надежды на тетрагидроапиридины. Эти стабильные соединения, защищенные от самоокисления, в растворах и липосомах реагируют с радикалами почти в 30 раз быстрее  $\alpha$ -токоферола.

Антиоксиданты липоксстатины и ферростатины обнаружили в результате целенаправленного скрининга соединений, способных ингибировать ферроптоз. Первый найденный липоксстатин, Lip-1, подавляет ферроптоз в наномолярной концентрации, молекула улучшает состояние почек у мышей с нокаутированным геном *Gpx4*. Потеря этого гена вызывает острую почечную недостаточность. Ферростатин Fer-1 в пробирке защищает липидный бислой от окисления лучше, чем  $\alpha$ -токоферол. Оба соединения предохраняют ткани печени и почек от последствий ишемии/реперфузии. Механизмы их действия сейчас исследуют.

О работе ингибиторов липоксигеназы известно больше, однако ни одну липоксигеназу не удалось убедительно связать с ферроптозом. А еще сложность в том, что этот фермент имеет много изоформ и каждая требует специфического ингибитора.

Липиды, у которых в метиленовой группе атомы водорода заменены на атомы дейтерия, представляют собой гораздо более слабый субстрат для липоксигеназы. Клетки, растущие в питательной среде с дейтерированной линолевой кислотой, оказались защищенными от ферроптоза в клеточных моделях неврологических заболеваний. Однако неясно, насколько это средство безопасно и эффективно *in vivo*, то есть можно ли использовать его как лекарство.

Поскольку при ферроптозе прежде всего окисляются арахидоновая и адре-



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

новая кислоты, можно защитить фосфолипиды от окисления, предотвратив встраивание этих кислот в молекулу. Для этого используют ингибиторы ферментов ACSL4 и LPCAT3. Клетки с дефицитом ACSL4 устойчивы к ферроптозу. Во всяком случае, мыши, которым давали розиглитазон, реже умирали от острой почечной недостаточности, вызванной нокаутом *Gsp4*.

И наконец, ферроптоз предотвращают хелаторы железа — вещества, образующие с ним химический комплекс.

## Использовать!

Было бы ошибкой думать, что с ферроптозом всегда нужно бороться. Считается, что он подавляет рост опухолевых клеток, и это одна из функций, выполняемых им в организме. И обнаружили ферроптоз в процессе поиска лекарства от рака. Если ферроптоз действительно убивает некоторые раковые клетки, а эксперименты, поставленные на клеточных культурах и мышах, дают основание на это надеяться, вещества, стимулирующие ферроптоз, могут стать лекарством.

Брент Стоквелл и его коллеги делают индукторы ферроптоза на четыре основные группы («Cell», 2017; doi:10.1016/j.cell.2017.09.021). Прежде всего, это вещества, блокирующие транспорт цистина в клетку (рис. 7).

Для работы GPX4 необходим глутатион, а для синтеза глутатиона — цистеин. Если заблокировать транспорт цистина в клетку, запасы глутатиона истощатся, GPX4 утратит активность и клетка погибнет. Однако некоторые клетки могут использовать для биосинтеза цистеина метионин, и они устойчивы к ферроптозу. Ученые обнаружили несколько молекул, блокирующих транспорт цистина (эрастин и имидазолкетонэрастин, сорафениб, сульфасалазин).

Вторая группа индукторов ферроптоза — непосредственные ингибиторы GPX4. Они взаимодействуют с молекулой, подавляя ее ферментативную активность. Известно несколько таких соединений, в том числе RSL3 (RAS-selective lethal 3).



Эрастин и RSL3 убивают 177 линий опухолевых клеток и ограничивают рост опухолей, привитых мышам. К сожалению, они малорастворимы в воде и нестабильны, поэтому годятся только для работы с клеточными культурами. В качестве лекарства их использовать нельзя. Зато имидазолкетонэрастин, сорафениб и некоторые другие молекулы — можно.

Есть соединения, которые истощают запасы GPX4 и липофильного внутриклеточного антиоксиданта CoQ10. В их числе FIN56 (индуктор ферроптоза 56) и CIL56 (каспаза-независимая леталь 56). CIL56 может активировать и другие типы клеточного некроза, а FIN56 — только ферроптоз.

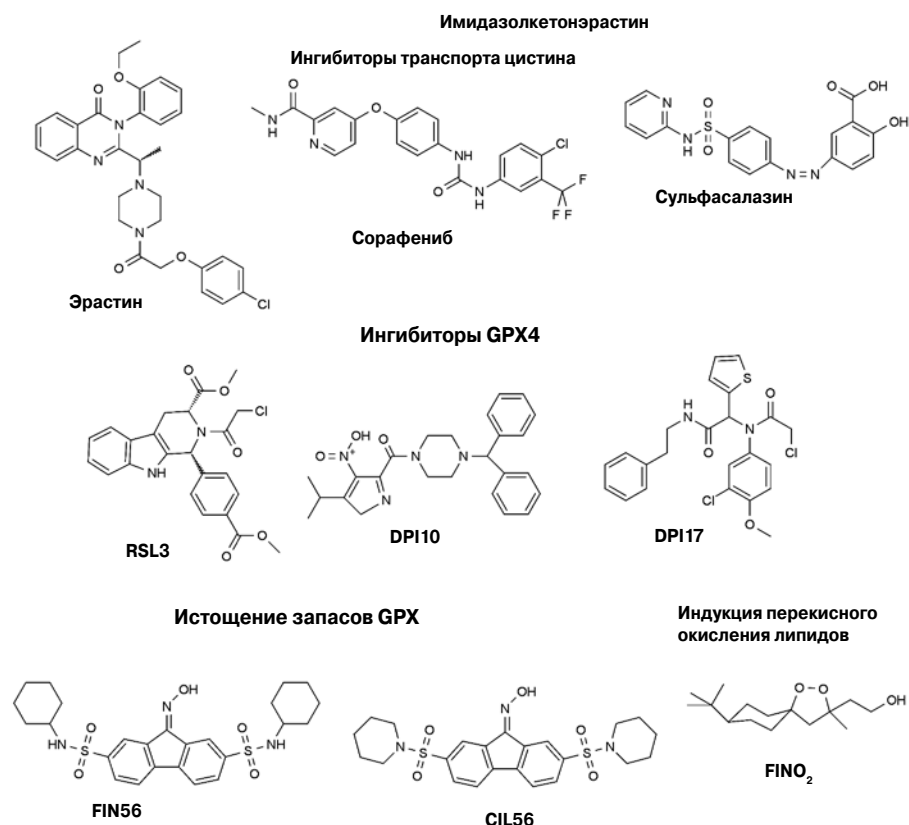
Для активации ферроптоза можно использовать индукторы перекисного окисления, например FINO<sub>2</sub> (индуктор ферроптоза эндопероксид). Он стимулирует перекисное окисление липидов и окисляет железо.

И наконец, есть соединения, которые вызывают ферроптоз в определенных тканях: четыреххлористый углерод в печени, артезунат — в поджелудочной железе, цисплатин и производные артемизинина вызывают в некоторых тканях и ферроптоз, и апоптоз.

Сейчас такое время, что любую молекулу, любое соединение объявляют лекарством от рака или, по крайней мере, подозревают в таких способностях. Иначе как-то даже неприлично. Но индукторы ферроптоза действительно позволяют надеяться. Некоторые особо злокачественные клетки, уцелевшие после химиотерапии, оказались очень чувствительны к ингибиторам GPX4 и вообще к ферроптозу.

## Где спрятан ферроптоз?

Перекисное окисление липидов и влияние железа на состояние клетки известны давно. Возможно, и ферроптоз ученые описывали неоднократно, прежде чем разобрались в его молекулярном механизме, выделили в отдельный тип клеточной смерти и придумали ему название. Понимание пришло в 2012 году, и с тех пор исследования ферроптоза



идут семимильными шагами. Тем не менее пока трудно сказать, почему эволюция заложила в клетку такую мину — ведь железо и кислород у нас повсюду. Возможно, дело в том, что включение фосфолипидов в состав мембраны делает ее прочной и пластичной. Такая мембрана дает клеткам возможность формировать сложные нейронные сети и существовать в средах с разными температурами. Преимущества фосфолипидной мембраны столь велики, что перевешивают ее восприимчивость к перекисному окислению. Оно может происходить в мембранах любых органелл: митохондрий, лизосом, эндоплазматического ретикулума. Чувствительность органелл к ферроптозу различна и зависит от состава липидов, запасов железа, количества глутатиона, уровня экспрессии LOXs и локализации GPX4. Но, что интересно, механизм убийственного действия ферроптоза непонятен до сих пор («PLoS Biology», 2018; doi:10.1371/journal.pbio.2006203).

Есть, конечно, разные гипотезы. Возможно, окисленные фосфолипиды могут переориентироваться и переходить в водную фазу, что приводит к истончению мембраны и привлекает к клеткам макрофагов. Действительно, во время ферроптоза мембрана становится более доступной для окислителей и образует мицеллы. Согласно другой гипотезе, окисленная мембрана становится более пористой и меняет проницаемость. Тем не менее перекисное окисление мембран митохондрий или

лизосом не приводит к ферроптозу. Эксперименты с клетками, лишенными митохондрий, показали, что митохондрии для ферроптоза не требуются. Исследователи предположили, что ферроптоз таится в мембранах эндоплазматического ретикулума (ЭР). Это структура, в которой происходит белковый синтез, а потом белковые молекулы укладываются в правильную трехмерную конфигурацию и выходят в цитоплазму. Если белки не могут правильно сложиться, они остаются в ЭР и забивают его — такая ситуация называется эндоплазматическим стрессом. Он приводит ко многим патофизиологическим нарушениям, включая дефицит глюкозы, гипоксию, неправильную регуляцию концентрации ионов кальция и вирусную инфекцию. Если заблокировать доступ цистина в клетку, в ней развиваются ЭР-стресс и ферроптоз, так что между этими явлениями может быть связь.

Эту гипотезу сейчас активно проверяют, и когда точно установят роль ферроптоза в организме, механизм его убийственного действия и возможные средства воздействия, то с радостью помогут больным злокачественными опухолями, пациентам с болезнью Альцгеймера и жертвам ишемии.





## Почему они?

Ирина Мягкая

НАНОФАНТАСТИКА

— Это все замкнутые пространства. Марсиане живут в своих куполах, как килька в банке, — авторитетно заявил Сергей, накалывая на вилку упомянутую рыбешку. В честь праздника рыба была настоящая, не синти, и этот деликатес подавался в винтажной упаковке: в банках под жель с фигурно зазубренными краями на крышке. Застолье по случаю двадцатилетия со дня выпуска перешло в фазу пространственных бесед, тридцать человек разбились на неравные группы, но обсуждалась одна и та же тема.

— Килька в банке уже не живет, — хихикнула Марина, стреляя глазками в бывшего школьного красавчика.

— Не важно, — отмахнулся Сергей и от шутки, и от стрельбы. — У них есть чувство локтя! У нас аж по двадцать квадратных метров на человека, мы слишком далеко друг от друга, чтобы по-настоящему заботиться о ближнем своем.

Василий задумчиво почесал бороду. Недавно опять снизили нормы воздуха и воды, а упомянутые 20 квадратных метров были несбыточной мечтой для большей части населения. Сергею хорошо было про чувство локтя рассуждать, он один жил на двадцати квадратах, кильку не только по праздникам видел. А Вася, многодетный отец двоих детей, теснился со всем своим семейством в ячейке коммуналки, так еще и теща на выходные повадилась приезжать.

— Тут дело не в тесноте, — высказался бородач. — Марсиане привыкли думать сразу обо всех, а не только о себе. У них же как? Накроется система жизнеобеспечения — весь купол вымрет. Тут скорее дело в инстинкте защиты своей стаи, который у нас уже отмер за ненужностью. За собой следить не успеваешь, не то что о соседях думать.

— Да какие там инстинкты! — загорячился бывший Вовочка, ныне Владимир Иванович. — Все дело в системе образования.

Нас вот сколько было в классе? Шестьдесят пять? А пришла только половина. И сейчас мы вот сидим отдельно, Толик и его банда — отдельно, Таня и Лерка к училке прилипли. Никакой, вот, общности. А почему? Не привили с детства!

— Ты почти прав, — тихо проговорил Станислав. Однокурсники даже примолкли от неожиданности, он редко подавал голос, как в школьные годы, так и теперь. Но всегда по делу, что признавали и уважали. — Вы слышали про эффект обзора?

— Это что-то про космонавтов? — уточнила Наденька. — Когда люди сами в космос летали, а не только дронов запускали.

— Да, — кивнул Стас. — Когда человек видел своими глазами, какая Земля маленькая на фоне бескрайнего космоса, он менялся навсегда. Он воистину становился гражданином планеты, а не только какого-то государства. Проблемы человечества становились важнее его собственных.

— Только теперь люди не летают в космос, дорого. Дешевле автоматику отправлять, — уточнил Сергей.

— А марсиане летают, — сказал Станислав. — Когда дети оканчивают школу, их отправляют в полет на шаттле. И они смотрят на свою планету сверху, все до единого. И возвращаются другими. Компания помолчала.

— Наверное, это придумали, когда они летели с Земли колонизировать Марс, — предположил Василий и потянулся заново наполнить свой стакан.

— А все-таки обидно, что инопланетяне их, а не нас позвали в Галактическое Сообщество, — выразил общую мысль Сергей. — За высокие, чтоб их, моральные качества.

Все молча выпили.



# Слюни реставратора

Кандидат  
физико-математических наук  
**С.М. Комаров**

Кто бы мог подумать, что изучение бытовой практики: плюнуть на грязную поверхность и растереть грязь пальцем — может принести въедливому исследователю высокую награду? Однако именно такова судьба отчаянных ученых, бросающих вызов очевидности в стремлении удовлетворить собственное любопытство. Порой долг и тернист их путь к славе. Так, еще в 1986 году Паула Роман подготовила магистерскую диссертацию «*Estudo das propriedades da saliva na recupera; ao de obras de arte*», то есть «Изучение свойств слюны для реставрации предметов искусства». Диссертация, судя по всему, была успешно защищена, и спустя четыре года по ее мотивам вышла уже целая научная статья, где к Пауле присоединились Адиллия Аларкан и Сесар Виана («*Studies in Conservation*», 1990, 35, 3, 153—155). Все вместе они и были удостоены Игнобелевской премии по химии за 2018 год. То есть спустя тридцать два года (редкость даже по меркам альтернативного, Нобелевского, комитета, пожалуй, только

П. Л. Капица дольше — 40 лет — ждал своей премии за открытие сверхтекучести жидкого гелия) награда сумела найти своих героев!

Поводом для расследования, предпринятого Паулой Роман, была, видимо, конфликтная ситуация, возникшая в лиссабонском Институте Жозе де Фигейредо, где реставраторы использовали собственную слюну для того, чтобы оттирать от грязи хрупкую краску на керамике, дереве или позолоте. «Ну что вы делаете, ведь есть же современные патентованные

средства — уайт-спирит, толуол и прочие. Ими надо работать, а слюной как-то неэстетично получается, мы же все-таки бойцы культурного фронта», — примерно так останавливали их коллеги. «Да не работают ваши патентованные средства, грязь от них остается, приходится применять силу, а украшения хрупкие, могут сломаться. Слюна — самое то», — отвечали им реставраторы и продолжали плевать на музейные древности. Видимо, дискуссия о правильном методе очистки нешуточно разгорелась в коллективе, что и привело к необходимости применить научный метод познания. Это стремление к истине поддержали сразу две уважаемые португальские организации: Национальный институт научных исследований и Национальный совет научно-технических исследований.

Для проведения работы взяли несколько грязных музейных экспонатов — скульптуры XVIII века, покрытые краской и позолотой, — и стали оттирать их как слюной, так и различными растворителями. И оказалось, что реставраторы-то правы: слюна в целом работает как универсальный растворитель. Например, уайт-спирит неплохо оттирал грязь с участков, окрашенных темперой, но плохо — с масляной краски, метилгептан очищал синюю и красную темперу, однако не справлялся с белыми участками. А слюне было под силу все. Разве что красная и синяя темпера несколько страдали от ее воздействия, видимо, слюна растворяет их пигменты.

В чем же магическое действие этой биологической жидкости? Для внесения ясности исследователи подвергли хроматографии смывы с тех ваток, которыми работали в ходе эксперимента. Вывод был такой. Основные компоненты грязи — это жирные кислоты и фосфолипиды. Они концентрируют в своих отложениях белки и прочие компоненты, поэтому, разложив липиды, от грязи удается избавиться. Слюна как раз и содержит нужные ферменты: липазы — они расщепляют жирные кислоты — и гидролазы, которые довершают начатое дело. Причем важнейшая и известнейшая из этих гидролаз — альфа-амилаза; ее главная задача — расправляться с молекулами крахмала. Крахмала и вообще углеводов в грязи вроде бы замечено не было, но Паула ухватила именно за амилазу: она взяла экстракты этого фермента из самых разных источников — хлеба, дрожжей, картошки, а также выделенные из используемого биотехнологами микроорганизма — *Bacillus subtilis*. Хотя амилаза и способна расщеплять липиды, все эти экстракты прекрасно справились со своей задачей и очищали предметы искусства не хуже, чем слюна. А вот нагрев и слюны, и раствора экстрактов амилаз лишал их чудодейственных свойств. Это неудивительно — фермент, как всякий белок, при нагреве легко денатурирует и теряет свои свойства. Основываясь на полученных результатах, будущие лауреаты уважаемой премии и посоветовали впредь использовать не слюну, но раствор экстракта бактериальной амилазы.

К сожалению, неизвестно, удалось ли Пауле Роман и ее коллегам внедрить находку в практику или их коллеги, наплевав на результаты высокой науки, по-прежнему обходятся внутренними ресурсами. В принципе амилазы используют для реставрации, но это совсем не очистка от грязи — ими разлагают капли клея на различных документах и прочих объектах. Вот, например, недавняя история с реставрацией баварского знаменитого Максимилиана I, которое стало трофеем Отечественной войны 1812 года (<http://www.gosniir.ru/library/articles/conservation/denisova.aspx>). В 2014 году оно досталось реставраторам ГосНИИ реставрации в плачевном состоянии: уже порядком истлевшее белое полотнище оказалось наклеено на шелковый тюль, но за прошедший с последней реставрации век тюль также истлел, а клей — потемнел и стал хрупким. Анализ же показал, что клеев два — один мучной, то есть с большим количеством крахмала, а другой — белковый — из коллагена. Чтобы отклеить знамя от тюля, была создана композиция с разлагающей крахмал амилазой, уничтожающими белки протеазами и борющейся



с жиром липазой. Как видно, это совсем другая история, непохожая на предмет расследования Паулы.

Впрочем, покопавшись в истории, можно обнаружить, что идея использовать амилазу в чистящих средствах отнюдь не нова. Сам по себе фермент, разлагающий крахмал, К.С. Кирхгоф в 1811 году нашел в вытяжке из зерен ячменя. До амилазы в слюне исследователи добрались уже в 1831 году, и оказалось, что она составляет 30—40% всего белкового состава слюны, служит для того, чтобы сразу во рту начать превращение крахмала в сахар, а также придает слюне антибактериальные свойства.

Первую промышленную технологию получения амилаз придумал японец Такаминаэ Дзёкити в 1894 году: источником фермента ему послужили грибы. Эту грибную амилазу — такадистазу — до сих пор применяют как пищевую добавку, способствующую перевариванию пищи. Из бактерий *Bacillus subtilis* этот фермент датчане стали выделять в 1917 году и так делают до сих пор — сейчас бактериальная амилаза составляет четверть всего объема производства промышленных ферментов. Конечно, теперешние промышленные ферменты не очень похожи на природные — биотехнологи немало поработали над повышением их эффективности, соответствующим образом переделав гены микробов.

Однако несколько ранее, в 1906 году, в ферментной истории случилось еще одно знаковое событие — в ней появился Отто Рём. Окончив в 1901 году университет в Тюбингене по специальности «аптекарь» и защитив диссертацию по изучению полимеризации акриловой кислоты, он поработал сначала в фармацевтической компании «Мерк», потом — в газовой компании Штутгарта. И как-то так получилось, что, заинтересовавшись дублением кож, Рём обнаружил: один из процессов — его называют мягчением — представляет собой прямой вызов просвещенному человечеству. В самом деле, для него испокон века использовали столь специфический препарат, как твердые испражнения собак, которые добавляли дополнительные ароматические нотки к и без того вонючему ремеслу кожемяки. Как истинный отчаянный химик, Рём не мог пройти мимо столь вопиющей несправедливости. Что такого ценного может быть в этих испражнениях? Конечно же пищеварительные ферменты. Но ведь их можно получить чистым процессом из бросового сырья — поджелудочных желез забытых животных! И действительно, экстракты поджелудочных желез коров и свиней прекрасно справлялись с мягчением кож. (Рёму в каком-то смысле повезло: сейчас известно, что те ферменты, что работали в собачьих экскрементах, к самому животному не имели никакого отношения — их синтезировали бактерии, населяющие кишечник.)

Поняв, что обнаружил золотую жилу, Рём не стал долго раздумывать, просить господдержку, писать заявки на гранты со стороны фондов развития малого предпринимательства или акселераторов инноваций бизнес-инкубаторов, а предложил своему приятелю Отто Хаасу основать компанию по выпуску ферментного препарата — оропона. Ее так и назвали «Рём — Хаас». Хаас, хоть и работал операционистом в центробанке



Штутгарта, был не потомственным банкиром, а сыном железнодорожника. Компания двух друзей оказалась весьма успешной. Хаас в 1909 году переехал в США, где возглавил дочернюю компанию, которая сначала под его управлением, а потом — его сыновей пережила обе мировые войны, но в 2009 году ее за 18 млрд долларов приобрела транснациональная корпорация «Дюу Кемикалс». Впоследствии Рём прославился еще и изобретением плексигласа — оргстекла из метилметакрилата. Он умер в 1939 году, будучи обладателем 70 патентов, а оборот его компании со штаб-квартирой в Дармштадте составил 22 млн рейхсмарок.

Однако, даже став промышленным магнатом, Рём не перестал быть истинным ученым: он продолжил искать новые ферменты и способы их применения. В частности, Рём обнаружил, что экстракт из поджелудочной железы отлично отчищает ткань, загрязненную белками. Это неудивительно — в нем есть фермент трипсин; он, будучи протеазой, как раз и должен разлагать белки. Рём придумал способ использовать эту находку и в 1913 году получил патент на моющий состав с таким экстрактом — это стало первым моющим средством с ферментами. Однако успеха не добился: дело в том, что трипсин теряет свою активность в щелочной среде, а основу состава составляла сода.

Тем не менее идея не пропала: ею заинтересовался другой истинный ученый — швейцарец Эдуард Яаг, который начал работу над ферментами в моющих средствах в 30-е годы. Вскоре началась Вторая мировая война, и эта тема неожиданно стала очень актуальна — дефицит жиров заставил сократить производство мыла. Тут бы и пригодился рецепт Рёма с содой и ферментами, но никак не удавалось эти ферменты приучить работать в горячей щелочной воде. Только в 1947 году Яаг придумал первый неплохой состав с трипсином, однако отметил, что протеаза не слишком хороша, если стирать ткани из нитей, содержащих белки — шерсть или шелк.

К тому времени уже была создана промышленная микробиология и разработаны высокоэффективные ферментеры — этому способствовала необходимость массового производства пенициллина во время войны. Поэтому можно было отказаться от экстрактов и использовать чистый бактериальный фермент. И вот в 1959 году Яаг вместе со «Швейцарской ферментной компанией» сделал первый успешный состав — его назвали Bio40 — с бактериальным трипсином, который мог работать в нейтральной среде.

Тем временем датчане из компании «Ново индустри» задумались об использовании ферментов для очистки одежды рыбаков: не секрет, что отстирать ткань от рыбной слизи и избавиться от ее противного запаха — очень сложная задача. Им к 1961 году удалось-таки заставить микроба *Bacillus licheniformis* синтезировать протеазу, работающую в щелочной среде; ее назвали алкалазой. И все же стиральный порошок не получился: рыбацкие вещи стирали в несколько стадий, сначала нагревая почти до кипения, а после остывания добавляли фермент; в общем, выходило очень сложно. И тогда датчане решили соединить усилия — вступили в

контакт с компанией «Гебрюдер Шнайдер», где трудился Яаг. Они предложили заменить в Bio40 швейцарский фермент на алкалазу, что и было сделано. Однако в Швейцарии местные мыльные короли не дали возможности работать; ферментный стиральный порошок пошел на рынки Голландии и Дании, а уже в 1963 году он захватил 20% датского рынка. Вскоре к протеазе в составе порошка присоединилась и амилаза — сейчас это второй по распространенности ферментный компонент как жидких моющих средств, так и стиральных порошков.

Не все шло гладко. Массовый выпуск таких порошков американцы начали во второй половине 60-х годов, но вскоре оказалось, что у рабочих возникает аллергия на ферменты. За дело взялись профсоюзы, и с их мнением пришлось считаться — тогда еще не было возможности выводить сложные химические производства в страны, где профсоюзы не обладают влиянием, а законы об охране труда были либеральны. В 1975 году ферменты в американские стиральные порошки добавлять перестали, ходила даже шутка: лучше быть грязным, чем больным. Однако научно-технический прогресс неостановим — уже на следующий год в компании «Проктер энд Гэмбл» (а это, в частности, порошки «Тайд» и «Ариэль») придумали упаковывать ферменты в гранулы с оболочкой из легкоплавкого воска. И вот с тех пор и по нынешнее время в 85% всех стиральных порошков и жидких моющих средств обязательно есть ферменты, в том числе и амилаза, помогающая португальским реставраторам очищать грязь с ветхий древностей.

Впрочем, есть подозрения, что человеческая амилаза все-таки гораздо сильнее той бактериальной, которую добавляют в моющие средства, и именно поэтому выбор реставраторов совершенно оправдан, а тридцатилетняя задержка с признанием этого факта оргкомитетом престижной премии связана исключительно с необходимостью получить данные, проверенные временем. Вот свежая статья («Biochemistry and Molecular Biology Education», 2012, 40, 4, 254–265; doi: 10.1002/bmb.20612), где обсуждается методика преподавания промышленной биохимии: во время лабораторной работы студентам предлагают как раз сравнить амилазы из слюны и моющих средств.

Цель такой лабораторной работы — продемонстрировать важность промышленных ферментов для нашей жизни не словами, а красивыми и простыми опытами. Для них надо взять два моющих средства с ферментами, какое-либо моющее средство для деликатной стирки — в них ферментов быть не должно, и несколько миллилитров слюны того студента, что ставит опыт (тут, правда, надо быть аккуратным — слюна людей разного этнического происхождения может существенно различаться по активности амилазы).

Изучать активность амилазы в этих веществах несложно: требуется не очень сложное оборудование и реактив, в котором краситель прочно связан с крахмалом и из-за этого не растворяется в воде. При добавлении амилазы крахмал станет распадаться, высвобождая краситель, что можно зафиксировать невооруженным глазом, а прибором померить интенсивность окрашивания, то есть активность амилазы. Так вот, сравнение результатов работы показало, что амилаза в слюне в восемнадцать раз активнее, чем в моющих средствах, правда, работает она при температуре не выше 40°C. Скорее всего, дело не в различиях человеческого и бактериального фермента, а в том, что в слюне его концентрация существенно выше, чем в моющих средствах, — что и подтвердила житейская логика реставраторов, отказавшихся менять слюну на моющее средство.



# Мы и приборы

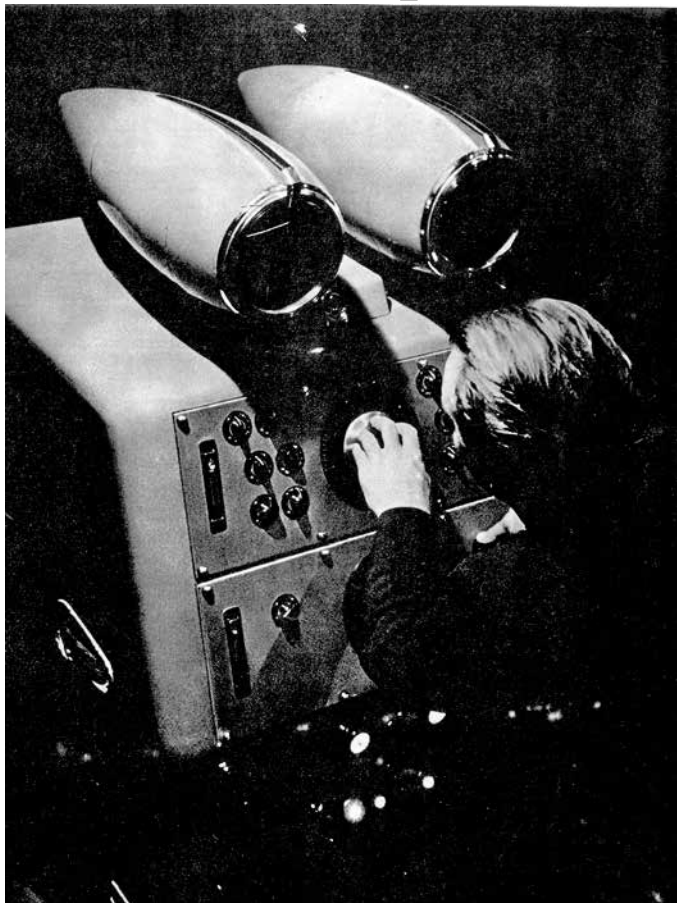


Фото Н. Хоружего



ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

много позже. А пока что получили мы этот широкополосный осциллограф с полосой до 100 мегагерц, это было очень неплохо. И, так сказать, вишенкой на торте явились два программируемых калькулятора, опять же по тем временам — просто супер. Калькуляторы фирмы «Хьюлетт–Паккард», на которых можно было спокойно решать дифференциальные уравнения. Это оказалась очень полезная игрушка. Поскольку в нашей группе представление о численных методах имел только я один, фактически я ею и пользовался. И стал таскать ее с собой, поскольку она и в карман влезала, и в дипломат. Вот где-то года через полтора, как мы ее получили, вдруг в разгар рабочего дня зовут меня к телефону. Подхожу, беру трубку и слышу женский голос: «С вами говорит секретарь первого замдиректора. Большая к вам просьба — прийти к нам, вас ждут в кабинете первого замдиректора». У меня в груди сразу все похолодело, а в голове стишок завертелся, в школе еще заученный:

*Минуй нас пуще всех печалей  
И барский гнев, и барская любовь.*

Думаю, что же я такое натворил? Вызывают явно не для того, чтобы накормить, как говорится, пирогами и пышками. Скорее, наоборот, тумачков и шишек надо ждать. Но делать нечего, надо топать. Прибегаю я в приемную, представляюсь, секретарша мило улыбается, говорит, проходите, вас уже ждут. Тут мне совсем поплохело. И, так сказать, с дрожащими коленками захожу. Замдиректора один в кабинете, встает мне навстречу, пожимает руку. И говорит, слушай, тут такое дело. Вот у меня калькулятор тот же самый, надо кое-что сделать. Сейчас точно не помню, что ему понадобилось, но надо было какую-то операцию с массивами чисел произвести. Когда-то я ее делал. Я говорю — да, я это когда-то делал, но сейчас не помню, а вообще-то в инструкции это должно быть. Позволил я себе нахально намекнуть. «Да, — отвечает он, — но я ее забыл на даче». Я говорю: «Я сейчас так сразу не могу, мне подумать надо». — «Ладно, ты посиди здесь в кабинете, а мне надо по делам уехать на час-полтора, сиди, распоряжайся. Можешь посидеть за столом для посетителей, а можешь и в мое кресло сесть. Но не рекомендую — там заснуть можно».

Берет дипломат и уходит. А перед этим, правда, дал мне ручку и листок бумаги: «Если вспомнишь, напиши, что надо делать». Я стал вспоминать, что и как с этими массивами делать. Минут десять я ковырялся с этим делом, потом что-то вспомнил, что-то сообразил. Все-таки сел в кресло, несмотря на предупреждение. Действительно, ну очень понравилось кресло в кабинете. Написал инструкцию, посидел еще минуты две, посмотрел по сторонам и пошел воссояси.

А с вышеупомянутым осциллографом С1-75 была такая история. Мы года три-четыре им очень активно пользовались, потом он нам стал менее нужен, в это время ребята из соседней лаборатории занимались изучением взаимодействия лазерного излучения с водными поверхностями. Они пробили себе командировочку «в поле» — на Черное море, в Феодосию. Нужен был хороший осциллограф, и они выпросили у меня этот самый С1-75. Мне интуиция подсказывала, что добром это дело не кончится. Я пытался как-то отнекиваться,

Работа химика и физика связана с приборами. Причем именно эта, приборная часть нашей работы соприкасалась с обществом, а временами и с политикой, больше, чем наши теоретические изыскания и упражнения. Кандидат физико-математических наук **Я.И. Лондер** и кандидат химических наук **И.А. Леенсон** рассказали нам несколько интересных историй из своей многолетней деятельности. Предоставляем слово гостю журнала, первому из названных.

Где-то во второй половине 70-х у нас, во Всесоюзном электротехническом институте им. В.И.Ленина, первым замдиректором был назначен молодой перспективный доктор наук, который, как это ни удивительно, заняв столь ответственный административный пост, не прекратил научную работу, а продолжал ее. У него были научные интересы, который пересекались с научными интересами моего шефа, начальника нашего отдела. Ребята они были сравнительно еще молодые, почти ровесники. И между ними возникла, как теперь принято говорить, некая химия, и в силу этого наш отдел стал несколько равнее других отделов. В том смысле, что появился административный ресурс, который позволял нам прибарахляться приборами в первых рядах. Если приборы можно было где-то купить, то для этого нам определенные денежки выделялись. Вот в конце семидесятых нам удалось прикупить вполне приличный по тем временам хроматограф. Потом в первых рядах получить со склада хотя и отечественный, но по тем временам очень неплохой осциллограф С1-75, который, правда, потом плохо кончил. Он был утоплен в Черном море; но об этом не-

но они меня умасливали и умасливали, обещали какой-нибудь сувенир привезти. Сдался я, отдал осциллограф, написали они мне расписку, все честь по чести, и уехали с осциллографом в обнимку. Я как раз в это время диссертацию писал, мне было не до того. А они, когда вернулись, ко мне что-то долго не заходили. Я уже к концу года вспомнил, говорю, ребятки, а как осциллограф-то? Они взоры потупили и говорят, ты знаешь, он утонул. Как же так, спрашиваю, он же купаться не любит, не мог он сам утонуть. Здесь должен быть страдательный залог. Вы его, наверное, утопили.

Оказалось вот что... Курорт, лето, вино дешевое, то ли они с вечера не проспались, то ли с утра уже приняли. Короче, в один не очень прекрасный день они уронили прибор в воду и достать уже не смогли. Вот таким образом С1-75, отечественный хороший осциллограф, почил на дне Черного моря. Так что кончилось его научное служение не совсем типичным образом.

Значит, я говорю, ребята, ну как же так, он же на мне числится. Не пужайся, говорят, мы его спишем. Сам начальник этой лаборатории мне обещал — спишем, не бойсь. Я отстал от них на некоторое время, с диссертацией ковырялся. Забыл про это дело, потом началась перестройка. То-се, пятое, десятое. 90-е наступили.

А когда я в середине 2010-х увольнялся, нужно было сдавать приборы. Я пошел, посчитал, что у меня есть, чего у меня нет. И тут я вспомнил, что на мне числится этот осциллограф. А уже никого из тех, кто его топил, не осталось, все разбежались. Иду к начальнику отдела контрольно-измерительных приборов, они учитывали все институтские приборы. Сидит тот же начальник, что 35 лет назад, и барышня та же самая. Правда, была девушкой, стала бабушкой, судя по всему. Ну, я ему челом бью, значит, говорю так и так, вот у меня несколько измерительных головок не хватает, калькулятор тоже не могу найти... «Это ерунда, — говорит он. — Вот еще у тебя осциллограф С1-75. Ну ладно, измерительные головки спишем, манометры какие-то, они свое уже давно отслужили, калькуляторам уже треть века, а вот С1-75 не могу списать. Там драгметаллы. Я должен по норме этой самой сдавать. Если не найдешь, из выходного пособия вычитать будем». Звонит он своей Наденьке, говорит, так и сяк, что у нас с С1-75? Она минут 15 искала в своих гроссбухах, звонит и говорит: «А он списан еще в 90 каком-то году». Мне сразу полегчало. Думаю, все-таки не обманули ребята. Слово сдержали. Вот так эта эпопея с утопленным осциллографом закончилась.

Еще история одна интересная была уже в самое смутное время, в первой половине 90-х, когда приборов было нигде не достать, вообще ничего было не достать, только за большие деньги, за зеленые бумажки. А мы в то время по договору с одним крутым ящиком должны были поставить им лазер стационарный, мощностью где-то 150—200 ватт, и надо было померить излучение этого лазера и продемонстрировать их представителю. Ну и где нам было взять в то время измеритель мощности лазерного излучения? Вспомнили известную формулу из школьного курса физики, что  $Q = cm\Delta T$ , где у нас слева направо тепло, удельная теплоемкость, масса и нагрев. Если пропускать по трубке воду, греть эту воду лазером, измерять, на сколько нагрелась вода, и иметь расходомер, то все просто, но у нас и расходомера не было. Мы решили трехлитровую банку наливать и по секундомеру замерять расход. По нашим предварительным оценкам, чтобы 200 ватт померить, расход требовался небольшой. Чтобы все-таки температура воды подскочила на хорошо фиксируемую величину, порядка хотя бы 10 градусов, нужен был расход примерно 20—30 см<sup>3</sup>/сек. Значит, через латунную трубку пропускаем воду, расход, то есть количество воды за фиксированное время, определяем по секундомеру. На входе и на выходе стоят обычные ртутные термометры, и все. По техзаданию надо было 150—200 Вт, у нас получалось 170 Вт. Мы это сделали, выкрутились; хотя времена были очень сложные.

А теперь — рассказ нашего постоянного автора, **Ильи Леенсона**.

**М**оя химическая жизнь проходила в основном на кафедре химической кинетики химфака МГУ, с 1964 г. Там есть практикум по кинетике, когда-то я его сдавал, потом я его и вел: сначала — задачу по аналоговым машинам, потом — по спектрофотометрии в видимой и УФ-области. Все студенты кафедры этот практикум проходили, а когда я его проходил в 60-е годы, а потом вел (в 1980—2000-е), он был приборный, чтобы они осваивали приборы и делали какую-то мелкую работу, знакомились с методами и приборами. Не обязательно было все о приборе выучивать, знать, как все ручки крутить, но основы метода и области его применения надо было понимать. Какие-то приборы простые, другие посложнее, на некоторые студентов и не пускали. Например, когда появился спектрометр ЯМР, ядерного магнитного резонанса, то понятно, что студенты на нем не упражнялись. Заведующим кафедрой был академик и нобелевский лауреат Николай Николаевич Семенов, его заместителем был будущий (с 1966 года) академик, Николай Маркович Эмануэль, он у нас читал лекции по кинетике. Наверное, в основном благодаря Семенову, его письмам и его положению в Академии наук мы и получали деньги на приборы и сами приборы. Поэтому кафедра в целом довольно хорошо снабжалась приборами, в том числе импортными.

Инфракрасные спектрометры со временем у нас появились гэдээровские, а с 1960-х годов прекрасно тянул лямку, в том числе и для практикума, JASCO, небольшой японский прибор. Источником излучения был глобар, или штифт Нернста, у него при нагреве сопротивление падает, поэтому устойчивость рабочей точки обеспечивается только при определенных характеристиках источника, либо режим должен поддерживаться автоматически. Но в данном случае приходилось сначала разогревать, а потом быстро уменьшать напряжение вручную — автоматика не было. Когда прибор появился на кафедре, я не знаю, но в 1965 году он уже был и проработал минимум до 1987 года. Студенты в практикуме снимали спектр смеси сложного эфира и кетона и должны были найти концентрацию каждого реагента, а для этого надо решить соответствующие уравнения и разделить спектры, которые накладывались. И еще определить спектральную ширину щели, если известно уравнение, описывающее контур полосы. Когда позже, при работе над диссертацией, мне нужно было использовать ИК-спектрометр, «смотрящий» за японским прибором Володя Иванов научил меня по спектру пленки полистирола калибровать прибор по длине волн (вернее, по волновому числу), собирать и разбирать кюветы, шлифовать соляные окошки к ним; но не до зеркального блеска: чуть шероховатая непрозрачная поверхность прекрасно пропускает ИК-излучение во всем диапазоне записываемых спектров, от 2,5 до 20 мкм.

Следующий практикум — спектроскопия в видимой и ультрафиолетовой области. Самопишущих приборов тогда на кафедре не было, но был СФ-4, слизанный один к одному с английского Uvispec'a. Единственное отличие — у нашего прибора ножки были, а у того не было; или наоборот. Поэтому один из них было удобнее поднимать. Снимать сложный спектр по точкам — это та еще работа. В «Журнале прикладной химии» попадались работы, целиком посвященные описанию спектра поглощения какого-то вещества в концентрированной серной кислоте (в этой среде вещество ионизировалось). Через 3 или 5 нанометров надо просканировать весь спектр, прибор был однолучевой, значит, надо сначала кювету сравнения поставить под луч и выставить ноль, потом заменить ее на кювету с веществом. За границей уже были самопишущие приборы, у нас нет. Мой коллега, Гена Ковалев, большой мастер в смысле сделать что-то руками, попытался сделать его самопишущим. Поставил прибор на



1  
Аналоговая вычислительная машина МН-7.  
Справа внизу — наборное поле, внизу — осциллограф (вид сверху)

бок, обернул бечевкой барабан, при вращении которого изменялась длина волны, перекинул бечеву через блок на потолке, потом куда-то еще, и в итоге на шаговый электродвигатель. Одновременно включался потенциометр ЭПП-09 и на него подавался сигнал с фотоумножителя. Имелось в виду, что будет записываться спектр. Однако не получилось — мощность излучения по спектру сильно изменялась, так что нужно было в каждой точке подстраивать щель, а это лишало смысла всю автоматизацию.

Когда я проходил все эти практикумы, бывали всякие случаи. Например, в практикуме по энзимологии надо было определить скорость денатурации фермента химотрипсина при разных температурах. Фермент растворяют в фосфатном буфере, греют в термостате, например, до 70°C, и через определенные промежутки времени отбирают пробы, быстро их охлаждают и определяют активность фермента в каждой пробе по начальной скорости реакции гидролиза субстрата — этилового эфира бензоилтирозина (реакция катализируется ферментом). Работали мы парами, впрыскиваем с Никитой Садовским в кювету с субстратом, помещенную в спектрофотометр СФ-4, фермент и пытаемся определить зависимость изменений от времени — через 5 минут, через 10 минут... Не получается, не идет реакция, а нам сдавать! Курировала нас аспирантка Наташа Ларионова. Я уже тогда был на острие в достаточной степени, чтобы сбежать в библиотеку и за 20 минут найти в «Chemical Abstracts» реферат подходящей статьи в не очень старом журнале, где была бы приведена кинетика именно этой реакции. Причем найти такую статью, чтобы журнал не надо было выписывать из хранения, чтобы он на полке стоял. Нашел журнал Американского химического общества, посмотрел константу скорости, мы быстренько обчислили, какие должны быть точки. Наташа сказала, что все замечательно, подписала. Тут приходит главная, кандидат наук Новелла Федоровна Казанская, и говорит: «Наташа, отменяем задачу, забыли поставить в холодильник или вытащили химотрипсин из холодильника давно, он сдох, не работает». Наташа отвечает: «А у них все получилось». Через много лет я перед Казанской извинился, она посмеялась.

Аналогичный финт я проделал в практикуме по физхимии, который проходили все студенты курса: надо было снять диаграмму плавкости двойной системы с эвтектикой, по-моему, нафталина и антрацена (или дифениламина). Надо возить, перемешивать, точно измерять температуру, фиксировать начало плавления и исчезновения кристаллов, найти эвтектику. Очень все это мутное дело. Я сбежал в библиотеку и в справочнике Ландольта или каком-то другом нашел эту



## ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

систему, и все мы сделали. Потом (далеко не сразу) я извинялся перед преподавателем, он говорит: «Ладно, вы все равно смогли бы сделать, но зато так вы научились быстро находить нужные сведения, а это тоже важно». Интернета, кстати, тогда еще не было.

История с электронным парамагнитным резонансом (ЭПР) такова. Кафедра была очень, как мне рассказывали, воодушевлена, когда ЭПР начали применять в химии. Дело в том, что, развивая учение Н.Н. Семенова о цепных реакциях, сотрудники кафедры изучали реакции с участием свободных радикалов, которые в принципе можно обнаружить и идентифицировать этим методом. Было известно, что сигнал ЭПР появляется даже в гамма-облученных семенах пшеницы или в чем-то подобном. Это было открытие! Захотелось иметь свой прибор, но тогда в СССР они не выпускались, решили сделать сами. Намотали магнит, который должен был давать поле 3 кГс, достали соответствующую СВЧ-технику на частоту 9 ГГц, потратили на все это массу времени.

Потом на кафедре появился огромный ЭПР-спектрометр, один магнит весил, наверное, несколько тонн, его поставили в подвале, опускали через дыру с первого этажа. Это был самодельный ЭПР-спектрометр, собранный Б.Н. Шелимовым, видимо, при помощи А.Г. Семенова, автора легендарного спектрометра ЭПР-2. Работали на нем много лет. Я помню обратный процесс, как его демонтировали. Тали, крюки, тросы, рабочие, как-то подняли, выволокли и увезли, видимо, в металлолом. Потом у нас появился более компактный замечательный отечественный прибор РЭ-1301 с автоподстройкой частоты, изготовленный на смоленском заводе. В 1968 году — прибор американской фирмы Varian, швейцарского изготовления. Модель серии Е, о которой один из её создателей Джим Хайд впоследствии с любовью вспоминал, что это была самая совершенная серия приборов, которые они когда-либо делали. У него чувствительность была совершенно замечательная, и он не гремел, как потенциометр ЭПП-09, на который подавался выходной сигнал с РЭ-1301. А еще у него имела приставка для работы при низких температурах, то есть на полу стоял сосуд Дьюара с жидким азотом, туда был опущен регулируемый нагреватель, который подавал поток сухого холодного азота в трубку, находящуюся в резонаторе. Можно было получать на образце разную температуру — не совсем жидкого азота (потому что по дороге он неизбежно нагревался), но где-то от минус 180 и вверх — до комнатной температуры. Вариановский прибор проработал более 50 лет.

Профилактику и мелкий ремонт приборов, в том числе импортных, сотрудники кафедры проводили сами. А когда новый прибор на обслуживании, время от времени приезжает представитель фирмы, делает профилактику, если надо — что-то чинит. Сначала прибор стоит на гарантийном обслуживании, потом надо платить. Приезжал швейцарец, прибор стоял около стены, отодвигать тяжеленный химический стол было невозможно. Он чуть-чуть подвинул прибор и залез как-то туда между прибором и стенкой, я его спросил, удобно ли, он ответил — *absolutely not convenient!*



2  
 Обсуждение ИК-спектров конденсатов  $CO_2 + Ar$  на  $Mg$  при  $4K$  и при разогреве до  $20K$ , когда слетает аргон. Слева — Оля Загорская — младшая, в середине автор этих воспоминаний, справа Оля Загорская — старшая, 1984 год

Кстати, насчет общения с иностранцами. Вскоре после окончания химфака я должен был получить допуск «форма номер 2», чтобы поехать в Черногоровку, проделать в одиночку, без всякого опыта, эксперименты, изучить, как идет реакция элементарного фтора с органикой при температуре жидкого гелия. Это вскоре после окончания химфака... Сейчас-то я стал старше и подписываю все, не читая, а тогда я прочитал, что не допускается общение с иностранцами. Говорю, вот у меня вопрос есть. К нам приезжают иностранцы, например, чинить приборы, приходится общаться. Что делать? Позовите заведующего лабораторией. А если его нет на месте?.. Потом Первый отдел нябедничал на меня декану: «Кого вы присылаете? Задает вопросы!» Декан Илья Васильевич Березин (которому я за несколько лет до этого сдавал зачет по энзимологии) вызвал меня вместе с моим шефом и устроил разнос: «Щенок, где ты вопросы задаешь! Подписать нужно было молча — и все!»

На аналоговой вычислительной машине МН-7 я сначала сдавал зачет (вел задачу мой «микрошеф» Слава Зенин, ставший потом кандидатом химических и философских и доктором биологических наук), а потом я уже сам вел практикум для студентов. Машина решает дифференциальные уравнения и выдает результат на экран осциллографа. В машине очень точные резисторы и конденсаторы, до десятой доли процента (потом было очень жалко, что эти детали пошли на свалку, когда машину списали). Они дают экспоненту, потом вторую, третью, можно также перемножать переменные. Нужно было нарисовать схему, собрать ее и посмотреть на экране осциллографа, как идет реакция, получить кинетические кривые. Прямые реакции, обратные, последовательные, параллельные. Но было интересно посмотреть какие-нибудь другие уравнения, я набрал уравнение движения небесного тела, летящего к Земле. В зависимости от начальных условий, координат и скорости, он ее огибал либо по эллипсу, либо гиперболе, или падал в конце концов... красиво, все на экране.

Когда я был на 3-м курсе, кафедра приобрела прибор ЭПР, электронного парамагнитного резонанса, фирмы «JEOL» (Japan Electron Optics Laboratory). И вот в том же подвале, где скончался огромный ЭПР-спектрометр и где зимой было довольно холодно, появился этот прибор ЭПР. В практикуме он не использовался, но я сделал на нем маленькое-маленькое открытие, из которого потом выросла диссертация. Мы хоте-

ли повторить эксперименты шведов, когда под облучением в некотором растворе появляются стабильные свободные радикалы. А у нас они появились без облучения, что было странно; но я научился работать на этом приборе. Этот прибор потом передали в лабораторный корпус А, на кафедру ВМС — высокомолекулярных соединений, работал на нем замечательный ученый, специалист в области ЭПР Володя Голубев, прошедший путь от учебного мастера до заведующего лабораторией. Он один из первых в СССР начал использовать метод ЭПР для изучения радикальной полимеризации; а еще он замечательно чинил часы.

Кафедра приобрела также прибор ядерного магнитного резонанса той же фирмы «JEOL» на частоту 60 МГц, тогда это было хорошо. Потом в мире появились приборы на 100, 200, 500 МГц, и, как говорили, сколько мегагерц в приборе, столько тысяч долларов надо за него заплатить. Этот прибор ЯМР находился в том же корпусе «А», работал долго и плодотворно. Мне на нем удалось одновременно снять кинетику реакции и термограмму разогрева смеси. Кинетику — по интегральной интенсивности пика (прибор это делал автоматически), а термограмму — с помощью самодельной термодары, один спай которой был помещен точно по центру быстро вращающейся ампулы. В конце концов то ли магнит у прибора сгорел, то ли что-то еще, и случилась печальная история. Начали думать, где бы его починить, нашли в Эстонии СКБ, специальное конструкторское бюро, которое могло перемотать магнит. Отвезли его туда, но год шла переписка, то ли не умели, то ли не хотели с этим возиться, кончилось тем, что они захотели 20 кг серебра, чтобы протянуть проволоку, на этом все и кончилось.

Спектрофлуориметр на кафедре был старенький, но очень чувствительный. Я на нем работал только в практикуме: нужно было определить константу диссоциации и константу скорости ионизации ароматического соединения. Изучалась зависимость спектров флуоресценции от рН раствора. Этот флуориметр на кафедре активно эксплуатировали, в основном в лаборатории фотохимии. На кафедре вообще много работали в области фотохимии, использовали самые разнообразные источники излучения: ртутные лампы низкого, среднего и высокого давления, а в ряде случаев — мощные лампы накаливания. Я помню, как мне нужен был киловаттный стабилизатор для работы ртутной лампы ДРШ-1000. Катушка, сердечник, все это весило 15 кг, жутко гремело, перемещало сердечник и стабилизировало напряжение. Написали письмо в Институт химической физики, что просим дать на время. Я приехал с рюкзаком, написал расписку, что вернем по первому требованию, год с ним поработал, но потом пришлось вернуть.

Масс-спектрометр — в практикуме, который вел Рэм Ермолаевич Мардавейшвили. Прибор был, кажется, наполовину самодельный. Потому что серийный масс-спектрометр купить в 60-е годы вряд ли было можно. Но магнит, скорее всего, заказывали на стороне.

Я уже упоминал, что прибор ЭПР унаследовала от нас кафедра ВМС, но стоял он недалеко от наших помещений, на том же этаже. Мне нужно было поработать на этом приборе, потому что я на нем начинал исследование, надо было продолжить измерения. Однако приходилось работать ночью — ну не ночью, а когда уже все уехали, часов в 11 вечера... уйти в 11 считалось нормальным, это сейчас в 7 вечера пустой факультет, а тогда в 7 кипела работа... открывал лабораторию, не включая свет, чтобы не привлекать ненужное внимание уходящих сотрудников. Включал прибор и при свете огоньков прибора снимал ЭПР-спектры. Один раз я засунул свой образец и, прописав спектр, увидел, что сигнал зашкалил. Я уменьшил усиление, сигнал начался очень далеко, так что нужно было очень сильно увеличить масштаб развертки магнитного поля. Он должен прописывать относительно узкую полосу, чтобы в резонанс попасть. А он прописывал шириной

не 100 эрстед, а чуть ли не 2000 — таких радикалов не бывает в органике! Я спросил на следующий день у знакомых на этой кафедре, что случилось с прибором. «А это Голубев в резонаторе стандарт оставил, не вывинтил его». Стандартом был кусочек рубина, в котором сигнализировали ионы хрома, у него спектр широкий и есть острые линии — стандарт. Вот я этот самый стандарт и записал.

Чтобы достать новые приборы, всегда приходилось что-то куда-то писать или просить о поддержке кого-то из сильных мира сего. Первое — нужно, чтобы на покупку выделили деньги. Но, как мне когда-то объясняли, если даже выделяли валюту (или рубли) для покупки дорогого прибора, купить его не всегда было возможно. Деньги поступали через Минвуз СССР, который себе с этой суммы немного оставлял. Остальное поступало в ректорат МГУ, а он тоже себя не обижал. Дальше то же самое происходило в деканате и наконец на самой кафедре — «на общекафедральные нужды». И денег могло не хватить. Более надежный путь был — купить иностранный прибор прямо с выставки. Конечно, приборы считались общей кафедральной собственностью, приходилось ловить время, когда прибор не загружен, просить. В результате мне приходилось снимать спектры на куче разных приборов. В лаборатории фотохимии стоял французский спектрофотометр фирмы «Jobin&Yvon», его называли в шутку «Жан и Иван». Он автоматически снимал весь спектр с шагом в несколько нанометров, но очень медленно, спектр писался там полчаса.

Потом появился американский спектрофотометр, фирмы «Cary», и гэдэровский, программируемый. Он включался сам, но, если надо было быстро снять кинетику, ничего не получалось — приходилось набирать определенный код, и он начинал долго думать, включать одно, включать другое, тем временем реакция кончалась. На американском было замечательно. Одна ручка пускала бумагу, другая включала развертку, третья — ФЭУ или еще что-то. Они были все рядом, шприцом впрыснуть что-то в кювету, захлопнуть кюветное отделение, все три ручки за долю секунды вверх — и он мог записывать кинетику.

Пытались доставать приборы и отечественных производителей. Например, в нашей лаборатории химии низких температур не было самопишущего спектрофотометра для видимой и ультрафиолетовой области, а он был очень нужен. Меня послали в Ленинград с письмом в ЛОМО, Ленинградское оптико-механическое объединение, с просьбой поставить прибор такой-то, оплату гарантируем. Были очень большие сложности с железнодорожными билетами, через знакомых приходилось добывать. Пошел я в ЛОМО, далеко меня не пустили, но кто-то у меня принял письмо, на том все кончилось. Были разные способы получения приборов, например, можно было получить «бездомездно, с баланса на баланс».

После того как закончился практикум, для меня началась новая эпопея с приборами. В аспирантуру в 1967 году я не попал, пристроили лаборантом в корпус «А», в межфакультетскую лабораторию биоорганической химии. Директором был биохимик Андрей Николаевич Белозерский, сейчас она называется НИИ физико-химической биологии им. А.Н.Белозерского. Там я пять лет проработал лаборантом как раз в отделе физико-химических методов измерений. Пришел и увидел, что там много приборов, всё с иголочки, всё импортное. Лаборатория была создана недавно, а при создании новой структуры выделялись деньги и фонды, можно было относительно неплохо оборудоваться.

Моя задача была — сидеть там и, когда приходят биологи, снимать им спектры поглощения в ультрафиолетовой и видимой области — на спектрофотометре и зависимость оптической активности вещества от длины волны — на спектрополяриметре. Был также прибор ORD — Optical Rotatory Dispersion, то есть дисперсия оптического вращения, для



## ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

биологов это важно. Спектрофотометров было два — японский EPS-3 и английский Pye Unicam SP-700. У него были интегрирующая сфера (для снятия спектров рассеивающих образцов — не помню, чтобы ею кто-то воспользовался) и приставка для нагрева кюветного отделения до требуемой температуры. Помню, как я в виде развлечения записал на диаграммной бумаге этого прибора спектр... ЭПР! Установил перо на середине шкалы, пустил самописец и, быстро вращая туда-сюда ручку «100%», сумел с третьей или четвертой попытки записать с виду довольно приличный «спектр ЭПР» из пяти линий с соотношением «интенсивностей» 1:2:3:2:1 (два эквивалентных ядра азота), каждая из которых расщеплялась на три линии 1:2:1 (два эквивалентных протона). Когда я показал этот «спектр» знающему человеку, он удивился: зачем для записи спектра ЭПР использована диаграммная бумага от другого прибора! Я эту запись сохранил и потом использовал, когда принимал на кафедре зачет у студентов по практикуму: показывал этот «спектр» и спрашивал, как доказать, что это фальсификация (если взять линейку, то легко было обнаружить, что расстояния между линиями были разные).

Приборы были на обслуживании, но я должен был делать профилактику раз в месяц. Кроме обслуживания биологов, я использовал эти приборы и для своих личных, корыстных целей, делая что-то для диссертации. Помню, что спектрополяриметр, здоровенная английская машина (точно такой же стоял на химфаке в лаборатории профессора Виктора Михайловича Потапова, у которого я проходил практикум по органической химии), часто выходил из строя. Пришел как-то один аспирант и говорит: «Мне надо снять срочно спектр на поляриметре, мне в диссертацию». Я отвечаю: «Он сейчас не работает, он на ремонте». — «Да хоть что-нибудь записать». Я: «Он ничего не запишет». — «Пусть запишет хоть что-нибудь — вставить в диссертацию!» Бывало и такое.

Я очень много получил от того, что работал лаборантом и обслуживал приборы, учил пользователей и попутно делал свою работу.

Беседовали  
**Леонид Ашкинази**  
и **Василий Птушенко**

# Пунктир

## Истории из моей жизни



**Сергей Викторович Голубков**, по-настоящему государственный человек, первый заместитель министра химической промышленности СССР (1977—1992), который курировал разработку твердого ракетного топлива, материалов для космического челнока «Буран», химического оружия и множества других продуктов «спецхимии», автор нашего журнала, ушел из жизни 5 мая 2018 года. Последние два месяца, уже будучи в больнице, он каждый день вместе с главным редактором нашего журнала Любовью Стрельниковой работал над книгой «Пунктир. Истории из моей жизни — на два голоса». Автор предельно откровенен и точен в воспроизведении картин прошлого, поэтому книга представляет собой своего рода документ эпохи. И этим она ценна, поскольку «мир, какой мы знали, все дальше уходит от нас...» Мемуары вышли в сентябре, и мы с радостью публикуем в нескольких номерах новеллы из этой книги. У книги есть свой сайт в интернете [golubkovbook.ru](http://golubkovbook.ru), на котором постепенно будут выложены в открытом доступе все 50 новелл «Пунктира»

### Плач осетров

Вспоминаю этот страшный случай, когда на нашем заводе прорвало накопители и сточные заводские воды хлынули в Волгу. Дело было летом 1964 года, стояла чудовищная жара, все хотели купаться, но в воду войти было нельзя. Погибло множество осетров и прочей рыбы. Катастрофа была чрезвычайно резонансной, но далеко не первой в нашей стране. Просто она, видимо, стала последней каплей, переполнившей чашу терпения. Тогда Алексей Николаевич Косыгин, председатель Совета министров СССР, распорядился наказать виновных по всей строгости закона, чтобы другим впредь неповадно было.

Под раздачу попал главный инженер завода, лауреат Ленинской премии, участник войны, известный на всю страну химик Борис Яковлевич Либман, ему в то время было сорок с небольшим лет. Либмана осудили на два года. Петра Васильевича Вершинина, начальника ЦЗЛ и бывшего директора завода, а также Сергея Федоровича Писарева, начальника производства смолы, дающего самые грязные стоки, осудили условно. И всем троим присудили колоссальный денежный штраф. Таких денег у них не было и быть не могло.

Борис Яковлевич был моим учителем, и я объявил на заводе, что собираю деньги для погашения штрафа и что все желающие инженерно-технические работники могут присоединиться. Присоединилось 1500 человек, причем каждый внес по своему месячному окладу, а тогда он в среднем составлял 150 рублей. Так что искомую сумму мы собрали и штраф погасили. Сейчас это кажется невозможным, но так было. Меня вызвали в партком и объявили, что за мою деятельность по сбору денег решено исключить меня из партии. Я сказал, что, конечно, согласен с решением уважаемого собрания, но есть одна маленькая проблема — я не член партии. Надо было видеть их изумленные лица. Тогда мы посмеялись и разошлись.

Конечно, мы ходили на заседания суда, стучались во все инстанции, чтобы защитить Либмана. Казалось нелепым сажать в тюрьму лауреата Ленинской премии. Тем не менее два года он получил, но благодаря химической общественности страны, которая продолжала за него хлопотать, отсидел всего год. Первые полгода он работал в тюрьме прачкой. А вторые полгода каждый день его из тюрьмы забирали машина и везла в закрытую лабораторию на одном из заводов,

где он весьма продуктивно занимался исследованиями.

Пока Либман сидел, а я его регулярно навещал в тюрьме, случилось трагическое событие — в один день погибли два очень сильных главных инженера химических заводов в разных городах. Один умер на операционном столе, второй попал под машину. Во время очередного визита к Либману я рассказал ему, что он потерял двух друзей. «Еще один такой случай, и я буду считать, что легко отделался», — мрачно пошутил Либман. Через год я забирал Бориса Яковлевича из тюрьмы, поскольку за мной была закреплена персональная заводская машина. Приехали домой, выпили по маленькой, и для Либмана началась новая и вполне успешная жизнь: он занимался исследованиями в Волгограде, а потом в Москве, в ГосНИИХлорпроекте.

Но сама эта история с таким жестким сценарием подействовала на отрасль как отрезвляющий душ. Проблемы охраны окружающей среды, на которые ещё вчера плевали и которые накапливались на заводах годами, теперь стали объектом пристального внимания на всех химических предприятиях. Большинство из них было решено за три-четыре года.

Мы на своем заводе нашли два нетривиальных решения. Первое — взаимное

уничтожение стоков. Мы так соединяли стоки разных производств, чтобы их компоненты взаимодействовали между собой, нейтрализуя друг друга. В результате такого простого решения токсичность стоков резко уменьшилась и их количество сильно сократилось.

Второе красивое решение было связано с непрерывным контролем качества сточных вод — мониторингом. Причем контролем самым надёжным, биологическим. Здесь нам очень помог ихтиолог, участник войны Олег Львович Бурковский, которого я нашел в Волгограде и пригласил на работу. Он создал очень наглядную систему биоиндикации сточных вод. Главным индикатором в этой системе работали мальки осетров. Олег брал этих малышек размером сантиметром десять на рыбзаводе, где их разводили, привозил на наш завод и распределял по большим стеклянным ёмкостям. Они стояли в каждом цеху, и через них круглые сутки протекала сточная вода этого цеха. Разумеется, мальков кормили, и в благоприятных условиях на заводе они вырастали до двадцатикилограммовых особей.

Чем были интересны эти мальки? Они очень чувствительны к загрязнению воды посторонними веществами. Если сток был плохой, мальки погибали. Но эту стадию мы прошли быстро — никто не хотел убивать осетрят, поэтому старались очищать стоки как следует. Если же концентрация посторонних веществ была немного превышена, то мальки становились уродцами: у них изгибалась нежная хорда и они превращались в плавающие загогулины. Для

*Осетрята, как дети, милые и беззащитные*

работников цеха видеть малька, изуродованного по их вине, было страшной и невыносимой мукой. Работники умоляли как можно скорее заменить уродцев на здоровых мальков и гарантировали, что больше такого не повторится.

Каждое утро я обходил цеха и навещал осетров. Они были необыкновенно милыми, почти ручными существами. Мне даже казалось, что они меня узнают. Но в один злосчастный день все закончилось. Случилось это в 1977 году после моего отъезда в Москву, где меня ждал портфель замминистра. По чьей-то нерадивости все мальки, предназначенные для цехов и содержащиеся в специальном бассейне, задыхнулись — что-то случилось с аэрацией. Осетры в цехах уцелели, там все было в порядке. Тогда-то и решили этот эксперимент больше не продолжать. Но замечу объективности ради, что к тому времени необходимость в таком жестком контроле отпала — все цеха выдавали допустимые стоки, не вредящие ничему живому. А кроме того, появились уже хорошие аналитические приборы, которые автоматически и круглые сутки контролировали состав стоков. Полагаю, что работники цехов вздохнули с облегчением.

## Вертолет как мотиватор

Незаметно пролетел первый год моей обкомовской жизни. И тут первый секретарь обкома Леонид Сергеевич Куличенко говорит мне: «Знаешь, мы очень довольны твоей работой. Но сейчас у нас уборочная пора, и мы все в обкоме отвечаем за выполнение плана по урожаю. Тебе неплохо было



## ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

бы возглавить кампанию по уборке и сдаче урожая зерновых в одном из районов. Ты, конечно, можешь не поехать — у тебя много работы, знаю. Но я все-таки советую не отказываться». И дал мне Серафимовичский район, который никогда не выполнял план. Сегодня это выглядит несколько странно, но тогда мы так работали: если аврал, то для всех.

Сказано — сделано. Сел в машину и поехал. Целый день ехал, кое-как добрался до района и понял, что район громадный и на машине здесь ничего не сделаешь. Поразмыслил и попросил своего друга, руководителя Волгоградтрансага Андрея Аршакевича Каспарова дать мне вертолёт на один месяц. С техникой у них всё было хорошо — в то время они вместе с чехами и словаками строили газопровод «Оренбург — Западная граница СССР». Так что уже на следующее утро вертолёт с экипажем ждал меня в станице Клетская.

Ту ночь я провел в доме председателя колхоза «Родина», подшефного моему отделу, коренного донского казака, бессменного руководителя колхоза (более 20 лет) Ивана Андреевича Володина. Этот удивительный человек с интереснейшей биографией дал мне в течение нескольких часов обстоятельную характеристику быта и нравов казачества, их черт характера, сильных и не очень. Утром я прилетел на вертолёте в районный центр Серафимович, встретился с руководством района и пригласил их вместе со мной облететь территорию. С высоты полёта мне было отлично все видно, как на ладони, — не только полевые станы, но и основательный бардак: комбайны кое-где выходили в поля, но ползали еле-еле — как будто им некуда было торопиться. Выполнением плана по урожаю здесь и не пахло.

Думаю, что бы такое интересное замутить, чтобы зажечь казаков? Садимся на поле, собираем комбайнеров, и я говорю: «Если вы это поле сегодня до конца дня уберете, то победитель на этом вертолете сможет на часок слетать домой на хутор». Комбайнеров ведь привозили на время уборочной



страда со всех дальних хуторов, так что они надолго были оторваны от дома. Вот тут-то комбайны и взрели.

Когда мы вечером подлетели к полю, оно было убрано! Мы сели, комбайнёры выталкивают из своих рядов молодого казака — вот, это наш чемпион, пусть летит. А я тем временем даю инструкции командиру: «Имей в виду, казаки могут тебя напоить по широте души. Обещаешь, что ни-ни?» — «Сергей Викторович, конечно, ну что вы, я все понимаю».

Улетели. Два часа их нет. Потом слышим шум — показались вертолет, но летел он как-то странно. «Точно, напоили, не устоял, — подумал я. — Вернется на базу пьяный, и будет вселенский скандал». И зря подумал. Ребята вылезли из вертолета трезвые, как стёклышки. Оказалось, что мало того что казак, приземлившись на хуторе на вертолете, стал героем и объектом восхищения, так он на радостях загрузил в вертолет половину домашних запасов снеди, чтобы на всех комбайнёров хватило. Чего только в этом вертолёте не было! Да так основательно загрузил, что вертолет начало мотать из стороны в сторону.

Вертолет оказался мощным мотиватором — многие хотели спуститься на свой хутор с неба. Каждый вечер мы подводили итоги соревнования и победителей отправляли на часок домой, правда, загружать еду больше не разрешали. Идея с вертолетом отлично работала, но этого, конечно, было мало, чтобы выполнить план.

Тут районное начальство, наблюдая за мной, говорит: «Раз ты такой умный, может, ты нам еще и с газификацией поможешь?» А почему нет, говорю. Звоню своим газовикам, спрашиваю: «Ребята, как, справимся?» — «Конечно, сделаем, если нам химики дадут трубы». Я на химические заводы: «Трубы дадите?» — «Конечно, о чём разговор! Но нам бы...» В общем, договорился со всеми. Иду к районному начальству: «Значит, так: будет выполнен план по урожаю — будет газификация в следующем году».

Чем все это закончилось? План мы сделали за месяц (!), хотя обычно уборочная кампания в этом районе тянулась до заморозков. Первый секретарь обкома онемел от изумления, а я получил орден Трудового Красного Знамени за уборку урожая.

История имела удивительное продолжение. После того как в следующем году в Серафимович и ближайшие колхозы и совхозы пришел газ, меня пригласил к себе в гости председатель районного исполкома Александр Григорьевич Черняев. Он всю войну прошёл командиром танкового взвода.

Был замечательный вечер со многими казачьими традициями. В конце вечера Александр Григорьевич впервые показал присутствующим свою уникальную коллекцию трофейного боевого оружия. Как оказалось, это были именные пистолеты командиров тех немецких танков, которые он уничтожил лично. К моему глубокому удивлению, хозяин дома попросил меня выбрать один из пистолетов и взять его на память в знак уважения. Безусловно, у меня возникли немалые проблемы с легализацией этого подарка, но отказаться от столь искреннего порыва души было невозможно.

Прошел еще год. Приехал Леонид Аркадьевич Костандов, посмотрел на всё это дело, проникся моими успехами и говорит: «Знаешь, давай, приезжай ко мне, будешь замминистра. Как раз место освободилось — Листов ушел руководить отделом химии в ЦК». Так что семи лет в обкоме не понадобилось — хватило двух, но каких!

Кстати, память об этих двух годах запечатлелась и в топонимике Волгоградской области. Голубковское месторождение нефти и газа в Котовском районе названо так в мою честь — уж очень хорошо ко мне относились геологи. В моем доме тоже хранится память о тех по-хорошему боевых годах — пять настоящих боевых шашек, которые подарили мне казаки из разных совхозов, когда провожали меня в Москву. Хорошее было время!

## Один день главного инженера

Через восемь лет после окончания института меня назначили исполняющим обязанности главного инженера, а еще через четыре года приставку и. о. в моей должности убрали. Иными словами, мой карьерный рост был стремительным: главный инженер крупнейшего химического завода страны в тридцать лет — это и по нынешним меркам круто. Работал я самозабвенно, с удовольствием и азартом, проводил на работе по 15–16 часов и считал это нормой.

Вставал я обычно в четыре — в половине пятого и в половине шестого уже был на заводе. К этому времени, когда я стал большим начальником, мы жили в двух шагах от моей работы — с каждым моим новым повышением в должности наша очередная квартира приближалась к территории завода. На самом деле это — немецкая традиция, и очень правильная традиция, когда начальство живет в двух шагах от завода, а директор — на территории завода. Если случится какое ЧП, то директор сможет быстро среагировать. А кроме того, в будничной жизни он будет

делать все возможное, чтобы никаких ЧП не случилось вообще, потому что в первую очередь пострадает его семья.

В половине шестого я беседовал с диспетчерами, чтобы узнать, как прошла ночь, у кого какие проблемы возникли, а вслед за этим объезжал все цеха, и прежде всего — проблемные, которые упомянули диспетчеры. Обойти цеха было сложно, поскольку территория завода была огромной — 1230 гектаров. По протяженности эта территория равнялась пробегу электрички между двумя остановками. Поэтому до цехов, а их на заводе было 52, добирались только на машине.

На это я тратил полтора часа и в семь возвращался в диспетчерскую. Здесь я проводил селекторные совещания — три подряд по полчаса. У нас было 11 производств, поэтому в одном совещании участвовали руководители трех-четырёх производств. Мы обсуждали и решали все вопросы, связанные с производством, запретных тем не было, говорили все открыто, как есть. А раз в неделю обсуждали коллективные творческие планы одного из производств. Вообще-то я совещания не люблю, но уж если они необходимы, то тратить на них надо минимум времени, особенно на производстве.

С 8:30 до 10:00 обычно работал с документами, просматривал предложения на внедрение от внешних организаций. А в десять часов шёл в один из цехов и осматривал его основательно — вместе с начальником цеха, технологом и механиком. Этот обход длился три часа. Я спрашивал — мне отвечали, и наоборот. За это время мы решали все важнейшие вопросы, которые накопились у цеха. А в час отправлялись обедать.

У завода было шесть столовых, которые каждый день кормили 12,5 тысяч заводчан и еще 6 тысяч временных работников — строителей, монтажников и пр. У каждой было своё меню. Одну неделю я обедал в одной столовой, вторую — во второй, и так последовательно я обходил все. Между ними существовало негласное соревнование — кто лучше меня накормит. Они знали заранее, где я буду обедать на какой неделе, и к этому времени подчищали все свои хвосты и недостатки, чтобы не ударить в грязь лицом.

Готовили в наших столовых потрясающе. Комплексные обеды, которые давали по бесплатным талонам, обязательно включали салат (оливье, овощной, из свежих овощей и зелени), суп (борщ, солянка, рассольник, уха и т. п.), второе блюдо с полноценным мясом или рыбой, обязательно компот, морс, кисель или сок и неизменно — булочки, которые выпекали здесь же, в



*Так работали аппаратчики в цехах спецхимии, которой Сергей Викторович занимался всю жизнь*

столовых, и которые заводчане с удовольствием покупали домой. Порции были огромные — одной тарелкой супа можно было накормить трех женщин. Да еще обязательный стакан сметаны.

Я игнорировал специальный зал для начальства и всегда обедал в общем зале. Очень быстро эту мою манеру переняли и другие заводские начальники, а директорские залы остались для приема различных делегаций, комиссий и гостей.

Итак, мы кормили заводчан очень вкусно, обслуживали очень быстро, да и сами заводчане, включая меня, ели очень быстро. Я съедал обед за десять-пятнадцать минут. Но этого было недостаточно. Мне казалось, что обед необходимо заканчивать приятным общением с коллегами. И тогда я учредил своего рода кают-компания при столовых, куда можно было переместиться с чашкой чай и булочками и посидеть еще полчаса за приятным или полезным разговором. Эту возможность высоко оценили и приняли наши итээровцы.

Но вернемся на завод. После обеда я занимался творчеством — работал с бюро рационализации и изобрета-

тельства, изучал все предложения, смотрел, что можно использовать в цехах. А вечером мы продолжали неформальное общение с начальниками цехов. Два-три раза в неделю вечером, часов в восемь, мы встречались в нашем заводском Доме культуры, где нас ждало троеборье — бильярд, настольный теннис и шахматы.

Играли двое на двоих. С одной стороны — я и Владимир Иванович Шинкаренко, начальник отдела снабжения, с другой — начальник и технолог одного из цехов. Если выигрывали мы, то начальнику цеха с технологом приходилось расплачиваться с нами экономией сырья: им предстояло придумать, как это сделать, и быстро внедрить в своем цеху. Если мы проигрывали, что, впрочем, бывало редко то мы расплачивались дополнительным сырьем, которое выделяли цеху на развитие производства. Играли невероятно азартно, на интерес. Это не было обязателькой или тимбилдингом в современном понимании. Цеховые начальники просто рвались в бой и составляли расписание сражений сильно заранее.

Дважды в неделю по вечерам мы также играли в волейбол или баскетбол в заводском спортивном зале, где встречались уже сложившиеся команды. И опять — никакой обязательки. Просто



## ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

мы так жили — активно и коллективно. Короче говоря, домой я приходил в десять-одиннадцать часов вечера, в сущности — на ночевку.

И так — шесть дней в неделю. Выходной у нас был один — воскресенье. В этот день зимой мы либо принимали гостей, либо ходили в гости к друзьям — тогда это было обычным делом. А летом конечно же каждое воскресенье мы проводили на Волге — на противоположном берегу, как раз напротив завода. В моем распоряжении как главного инженера было два катера на подводных крыльях. Мы собирали компанию, складывали еду в корзинки и ехали на пикник. Купались, загорали, дурачились — в общем, было весело. А я все время держал в поле моего зрения заводские трубы, которые были, к несчастью, отчетливо видны. По цвету дыма из труб я понимал, все ли в порядке или что-то случилось. Не раз приходилось извиняться, прыгать в катер и мчаться решать проблемы, которые валили из труб.

Сколько мне платили за работу? Это интересный вопрос. Здесь важно не сколько конкретно платили, а соотношение зарплат на заводе. Аппаратчик, то есть рядовой сотрудник, получал 150 рублей, начальник смены — 300 рублей, главный инженер — 350. Когда я уходил с завода на работу в обком, я получал иногда до тысячи рублей в месяц, но это с разными выплатами за изобретения, премиями и т. п. Важно, что разрыв между зарплатой большого начальника и рядового сотрудника составлял всего два-три раза. Даже в Минхимпроме, где я впоследствии работал, зарплата министра была 550 рублей, а рядового сотрудника — 300. А сегодня, даже в университетах, этот разрыв измеряется десятками раз. Что уж говорить о компаниях и корпорациях.

Так что, если рассуждать о справедливости, а именно ее ждут люди от власти, тогда, в мое время, она была, а сейчас ее нет.



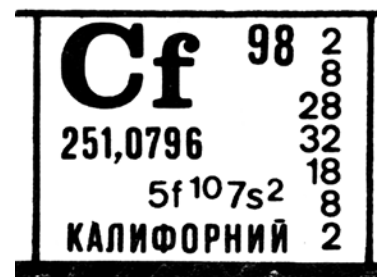
# Калифорний: факты и фактики

А. Мотыляев

**Откуда взялся калифорний на Земле?** Предположительно, из ядерного взрыва. Мощный поток нейтронов, возникающих в процессе цепной реакции, вызывает серию ядерных превращений примерно по такой схеме: атом урана или плутония захватывает нейтрон и если не делится, то претерпевает распад — испускает либо альфа-, либо бета-частицу. В первом случае он перепрыгивает через один элемент назад, а во втором становится следующим элементом. Захватив новый нейтрон, тот, в свою очередь, может претерпеть бета-распад и увеличить свой номер еще на единицу. А может до того поймать еще один нейтрон и стать более тяжелым изотопом следующего элемента — это называется r-процесс. Так, в те несколько долей секунды, которые длится активная фаза взрыва и плотность потока нейтронов высока, неизбежно образуется какое-то количество атомов тяжелых элементов и, в частности, калифорния. Во всяком случае, так утверждает Томас Альбрехт-Шмитт из университета штата Флорида, опубликовавший соответствующую статью о калифорнии в сентябрьском номере журнала «Nature Chemistry» за 2014 год. Причем образуются какие-то долгоживущие изотопы, коль скоро их обнаружили при анализе мест ядерных взрывов 40-х годов. Кстати, самые долгоживущие изотопы: калифорний-251 с периодом полураспада 898 лет и калифорний-249 — 345 лет. То есть родившиеся в ядерных и термоядерных испытаниях атомы калифорния вполне могут сохраниться до сих пор. Однако поскольку соответствующие документы о последствиях ядерных взрывов были засекречены, официально рождение калифорния приходится на опыты Гленна Сиборга в феврале 1950 года по бомбардировке мишеней в циклотроне в Беркли: для калифорния мишенью служил юрий, а снарядом — альфа-частица. Как пишет Альбрехт-Шмитт, есть подозрения, что калифорний вместе с порождающим его юрием, а также америцием имеется и в отработанном ядерном топливе. Поскольку атомщики заинтересованы в переработке этого

топлива, сейчас активно развивается химия калифорния и других тяжелых актиноидов: очищать от них нужно и само топливо, и получающиеся при этом жидкие отходы. Ведь калифорний способен спонтанно делиться, а дополнительный расщепляющийся элемент в придачу к урану в топливном стержне совсем не нужен, и, кроме того, активность всех трех элементов очень велика — убрав их, можно снизить вредоносность таких жидких отходов.

**Где во Вселенной рождается калифорний?** Как и в атомном взрыве — там, где есть мощные потоки нейтронов: это взрывы и слияния звезд. Первое наблюдение в режиме реального времени слияния нейтронных звезд позволило внести некоторую конкретику в этот процесс. Напомним, что такая возможность представилась астрофизикам в результате фиксации 17 августа 2017 года гравитационной волны детекторами LIGO и VIRGO, благодаря чему удалось быстро вычислить координаты события и направить туда телескопы (см. «Химию и жизнь», № 11, 2017). В ходе этих наблюдений было детально охарактеризовано явление килоновой — последствия слияния нейтронных звезд или поглощения нейтронной звезды черной дырой. Мощность свечения при этом в тысячу раз больше, чем при образовании новой — результата слияния, например, красных карликов, но в тысячу раз меньше, чем у сверхновой — взрыва одной звезды. Сейчас считается, что килоновые из-за огромной плотности потока нейтронов ответственны за образование большей части тяжелых изотопов элементов, стоящих после железа, вследствие упомянутого r-процесса. В ходе вспышки астрономы наблюдали дополнительный разогрев стремительно расширяющегося облака продуктов взрыва и для объяснения его прибегли к гипотезе, что это связано с делением ядер изотопов, которые сформировались ранее при нейтронной бомбардировке: при этом может высвобождаться очень много энергии. Однако существует ли элемент, который даст основной вклад? Расчет показывает, что это калифорний-254. Он получается в результате цепочки бета-распадов



предшественников, которые все живут считанные мгновения: на весь калифорниевый синтез уходит от силы два часа времени. А сам этот изотоп — долгоживущий, его период полураспада составляет 60 дней. То есть основной разогрев от деления его ядер приходится на период 25—100 дней после слияния звезд: именно такие временные рамки разогрева и были получены в результате наблюдений. Другие же изотопы как калифорния, так и иных спонтанно делящихся элементов живут либо слишком мало, либо слишком долго и не могут обеспечить наблюдаемый разогрев продуктов взрыва. Видимо, дальнейшие наблюдения таких слияний позволят подтвердить или опровергнуть эту точку зрения — в первом случае телескопы в инфракрасном диапазоне будут видеть вспышку в несколько раз дольше, чем во втором (arXiv:1806.09724v1 [astro-ph.HE] 25 Jun 2018).

**Как получают калифорний?** Его делают в специальных реакторах с большим потоком нейтронов. Таких реакторов на Земле два — в американском Окридже и в нашем Димитровграде. На первый приходится 70% изготавливаемого калифорния-252, а годовой объем этого производства составляет примерно 25 мг. Чтобы сделать калифорний, надо сначала получить фермий и с помощью нейтронов обратить его в берклий-249. Тот, поймав нейтрон, станет берклием-250 и за счет бета-распада обратится в калифорний-250. Получив еще два нейтрона, он и станет желаемым калифорнием-252. Стоит калифорний в сотни тысяч раз дороже золота — десятки миллионов долларов за грамм.

**Зачем нужен калифорний-252?** Этот наиболее востребованный изотоп не распадается — он делится, причем период его полураспада не мал и не велик — 2,6 года. При делении получают не только осколки, но и много нейтронов с широким спектром энергий — один миллиграмм калифорния-252 в секунду выделяет 2,5 млрд нейтронов. Неудивительно, что на его основе сделали множество нейтронных источников. Они нужны для нескольких видов работы.

Вот их перечень. Нейтроны помогают проводить нейтрон-активационный анализ на присутствие какого-то элемента. Схема его такова: нейтрон попадает в атом элемента и превращает его в радиоактивный изотоп. При распаде тот дает, например, гамма-квант, который удается зафиксировать. Так легко обнаруживать взрывчатку — в ней много атомов азота, и они светятся под нейтронным лучом. Мощный нейтронный поток от калифорниевого источника позволяет эту процедуру проводить быстро — в 80-х годах их стали устанавливать в аэропортах для борьбы с террористами. Сейчас, правда, на смену приходят другие источники нейтронов, менее опасные и не такие дорогие. Благодаря высокой проникающей способности нейтроны калифорния проходят сквозь почву и позволяют находить противопехотные и противотанковые мины. Используют их и для просвечивания крупных металлических конструкций — в них ищут дефекты. Важны такие портативные источники и для геологов — вызывая свечение воды и нефти, они дают пространственное расположение нефтеносных слоев под буровой. Очень важная функция калифорниевого источника — запуск ядерной реакции в топливных блоках атомных электростанций: нейтроны нужны для инициации цепной реакции. Третья большая область применения — онкология. Нейтроны оказывают гораздо более разрушительное действие на клетки, нежели мягкие виды облучения. Поэтому в 80-х годах калифорний начали применять при неоперабельных видах рака в различных полостях — раке матки, раке желудка. Как правило, сначала опухоль насыщают бором, он-то и ловит нейтроны калифорния, обеспечивая высокую дозу вторичного облучения именно в нужном месте. Нельзя сказать, что удается достичь существенного успеха — рак и был и остается неизлечимой болезнью. Но вот, например, свежие данные врачей из Полицейского госпиталя Гуандуна («Chinese Journal of Cancer», 2017, 36: 24; doi 10.1186/s40880-017-0191-x), которые лечили калифорниевым облучением рак матки. Спустя три года после лечения у пациенток с первой стадией не было замечено следов болезни в 86% случаев, а общая выживаемость составила 90%, при 2 и 3 стадиях, соответственно 65 и 85%, а вот при четвертой стадии получилось гораздо хуже — 0 и 17%. При этом, согласно китайской статистике, при химиотерапии выживаемость за пять лет при 2 и 3 стадиях рака составляет 53—74%, а для 4 стадии — 20—30%. В общем, медики внимательно присматриваются к этому



Фото: Frontier Technology Corporation

Калифорниевые источники, изготавливаемые американской компанией «Frontier Technology»

новому методу лечения и пытаются подобрать более эффективные методики, только дело это небыстрое.

**Зачем калифорний физикам?** Этот элемент участвует в уникальных экспериментах, которыми физики пытаются выяснять пути синтеза новых элементов. Один из них — опыты по изучению ионов с большим содержанием нейтронов, которые проводят в Аргоннской национальной лаборатории Минэнерго США на установке CARIBU (Californium Rare Isotope Breeder Upgrade). Источником этих ионов как раз и служит калифорний-252. При его спонтанном делении образуются осколки — ионы менее тяжелых элементов, которые еще не пришли в равновесие и содержат много лишних нейтронов. Их бережно собирают и охлаждают в ловушке, заполненной гелием, разделяют с помощью магнитных полей, электронным пучком сдирают значительную часть электронных оболочек, и такие полуголые ядра собирают в пучки, которые либо отправляют в линейный ускоритель, где разгоняют до высоких энергий, либо отправляют в установку низкоэнергетических пучков. Эти ионы и служат объектами либо инструментами исследований. Есть предложения использовать калифорниевые ионы для решения чрезвычайно важного вопроса: постоянна ли постоянная тонкой структуры — одна из важнейших фундаментальных констант, определяющих конфигурацию нашего мира. Подозрения о том, что она меняется либо с течением времени, либо в пространстве, стали закрадываться после выявления особенностей спектров свечения квазаров — они как раз расположены на границе видимой Вселенной, то есть очень давно и далеко от нас. По идее, заметить аномалии в поведении постоянной тонкой структуры можно и на Земле, проследив за изменениями спектральных линий в точнейших атомных часах. Однако в имеющихся часах точность измерения слишком мала для этого. Ее можно поднять, если использо-

вать ионы, потерявшие много электронов, и весьма перспективными оказываются ионы радиоактивных актиноидов —  $\text{Cf}^{15+}$ ,  $\text{Es}^{16+}$  и  $\text{Es}^{17+}$  (arXiv:1502.01096v1 [physics.atom-ph] 4 Feb 2015). А вот у калифорния-249 есть совершенно неожиданное использование — именно из него была сделана мишень весом в 10 мг, бомбардировкой которой ядрами кальция-48 был получен самый тяжелый элемент таблицы Менделеева — 118, оганессон. К сожалению, калифорний оказался последним мало-мальски стабильным элементом, из которого можно сделать мишень, — остальные живут столь мало, что провести опыты по их бомбардировке проверенным кальцием-48 нельзя. Поэтому после синтеза оганессона физики взяли паузу и ищут новые идеи для дальнейшего продвижения в сторону гипотетического острова стабильности со сверхтяжелыми элементами. Сейчас в Дубне строят фабрику тяжелых элементов — модернизируют ускоритель тяжелых ионов, чтобы вести обстрел мишени десятикратно более мощным пучком. Предполагается, что такой пучок из ядер титана-44 при ударе о мишень из калифорния даст первые изотопы 119-го элемента.

**Можно ли из калифорния сделать атомную пулю?** Нет, только маленький ракетный снаряд. Расчет тут простой. Спонтанно-делящийся элемент может взорваться в результате развития цепной реакции. Однако его масса должна быть больше критической — при меньшей массе нейтронов для поддержания цепной реакции не хватит. Критическая масса калифорния-252 — 2,7 кг. При плотности  $15 \text{ г/см}^3$  это будет цилиндр высотой 15 см и диаметром 2 см. И по размеру, и по массе это соответствует ударной части противотанкового снаряда. Однако при огромной стоимости калифорния нет никакого смысла использовать такой снаряд, чтобы вывести из строя многократно более дешевый танк. Поэтому использовать калифорний в качестве компонента вооружений можно только в фантастических произведениях.

ЭЛЕМЕНТ №...



# Свинцовые отравления



фото: Wolfgang Sauber.

**С**винец — один из семи металлов, известных с древности. Он иногда встречается в самородном виде и легко выплавляется из руды. С ним связано немало мифов, самый древний — о том, как с помощью расплавленного свинца Беллерофонт победил страшное чудовище Химеру. Как рассказывает Гесиод, Беллерофонт длинным копьём протолкнул кусок свинца в пасть чудовища. Огненное дыхание Химеры расплавilo металл, и он потек ей в глотку, прожигая внутренности. Алхимики считали, что тяжелое золото лучше всего получать также из тяжелых металлов — свинца или ртути. Однако плотность золота ( $19,3 \text{ г/см}^3$ ) намного выше, чем у свинца ( $11,3 \text{ г/см}^3$ ) и ртути ( $13,5 \text{ г/см}^3$ ). В любом случае попытки алхимиков получить золото не могли быть успешны.

Древнеримские мастера умели из свинца изготовлять трубы. Сначала отливали из него тонкую пластину, затем оборачивали ее вокруг деревянного стержня (см. рисунок) и запаивали шов оловянно-свинцовым припоем — третником; его состав с тех пор практически не изменился. Так получали трубы длиной до 3 метров, однако в стыках труб нередко обнаруживались течи, и их надо было ремонтировать. До сих пор куски свинцовых труб находят на раскопках в Италии и в Англии. Долгое время свинец использовали также для починки водопроводных труб, и до сих пор по-английски водопроводчик — plumber (от латинского plumbum — свинец).

Однако для подачи питьевой воды на большие расстояния римляне трубы не использовали, а строили акведуки (от лат. aqua — вода и ducō — веду). Некоторые из них, «сработанные еще рабами Рима», и сейчас находятся в хорошем состоянии. По поводу древних акведуков существует очень старый миф, суть которого изложена в первой книге «Занимательной физики» Я.И. Перельмана, впервые напечатанной в 1913 году.

«Жители современного Рима до сих пор пользуются остатками водопровода, построенного еще древними: солидно возводили римские рабы водопроводные сооружения. Не то приходится сказать о познаниях римских инженеров, руководивших этими работами; они явно недостаточно были знакомы с основами физики... Римский водопровод прокладывался не в земле, а над ней, на высоких каменных столбах. Для чего это делалось? Разве не проще было прокладывать в земле трубы, как делается теперь? Конечно, проще, но римские инженеры того времени имели весьма смутное представление о законах сообщающихся сосудов. Они опасались, что в водоемах, соединенных очень длинной трубой, вода

*Древнеримские свинцовые трубы. I век н. э. Музей Гроувенор. Великобритания*

не установится на одинаковом уровне. Если трубы проложены в земле, следуя уклону почвы, то в некоторых участках вода ведь должна течь вверх, — и вот римляне боялись, что вода вверх не потечет. Поэтому они обычно придавали водопроводным трубам равномерный уклон вниз на всем их пути (а для этого требовалось нередко либо вести воду в обход, либо возводить высокие арочные подпоры). Одна из римских труб, Аква Марциа, имеет в длину 100 км, между тем как прямое расстояние между ее концами вдвое меньше. Полсотни километров каменной кладки пришлось проложить из-за незнания элементарного закона физики!»

Однако Перельман был неправ: римские инженеры прекрасно знали про сообщающиеся сосуды. А вот делать длинные (десятки километров) трубы, из стыков которых не хлестала бы во все стороны вода, тогда не умели. В таком водопроводе вода просто не дошла бы до потребителя. Так что в римских акведуках вода большую часть расстояния проходила не по трубам, керамическим или свинцовым, а под



Продолжение. Начало в № 1—9.

уклон по открытому желобу. Тем не менее анализ останков римлян часто показывает повышенное содержание в их костях свинца. Едва ли из-за свинцовых труб: современные химические исследования показывают, что содержание антропогенного свинца в воде римских водопроводов было максимальным во времена ранней империи, а также в начале средневековья, однако превышение над естественным фоном было максимум в сто раз и все равно не представляло опасности для здоровья («Proceedings of the National Academy of Science», 2014, doi: 10.1073/pnas.1400097111). Видимо, причина была другой. Есть версии, что богатые римляне хранили вино, оливковое масло и другие продукты в освинцованных сосудах, а римлянки использовали содержащие свинец косметические средства, но достоверность их не очевидна.

Более или менее длительный контакт питьевой воды со свинцом чреват хроническим отравлением. Под действием растворенных в воде кислорода и углекислого газа свинец медленно переходит в растворимый гидрокарбонат:  $2Pb + O_2 + 4CO_2 + 2H_2O = 2Pb(HCO_3)_2$ . В 1633 году в Свибловой башне Московского Кремля (она стояла на слиянии Неглинной и Москвы-реки) был установлен «водовзвод» — механизм, который поднимал питьевую воду из колодца под башней наверх, в обитый свинцовыми листами резервуар. Далее по свинцовым же трубам вода под естественным напором подавалась в Кремль, в том числе и для приготовления пищи. Башня с механизмом получила название Водовзводной. По расчетам, концентрация ионов свинца в воде, настоявшейся за ночь в таком водопроводе, на два порядка превышала современную российскую ПДК (0,03 мг/л). Постоянное питье воды с содержанием свинца всего 1 мг/л очень опасно, причем эта концентрация не изменяет ни запаха, ни вкуса воды, и только современные приборы могут ее обнаружить и измерить. Свинец — яд, действующий на все живое, и прежде всего — на нервную систему. Отравление сопровождается потерей аппетита, тошнотой, апатией, слабостью, головокружениями. Именно такие признаки наблюдались у живших в то время в Кремле русских царей: Алексея Михайловича (1629—1676), Федора Алексеевича (1661—1682) и Ивана Алексеевича (1666—1696). Некоторые исследователи считают, что это последствия свинцового отравления (см. «Химию и жизнь», 1976, № 11).

Намного более опасным был обычай подслащивать вина соединениями свинца. С древних пор тригидрат ацетата свинца  $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$ , имеющий сладковатый вкус, называли свинцовым

сахаром. В Древнем Риме вино для улучшения вкуса кипятили в освинцованных чанах и там неизбежно образовывался ацетат свинца. При потреблении напитка с такой добавкой свинец оказывается в организме, и это гораздо более вероятная причина его накопления у римлян, чем свинцовые трубы.

Многие века соединения свинца использовали для изготовления посуды, косметических средств, белой краски (свинцовые белила). Пигментом для изготовления белил служит основной карбонат свинца  $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$ . Такие белила обладают чисто белым цветом, прекрасной кроющей способностью — и очень ядовиты. Под действием желудочного сока карбонат и гидроксид свинца легко превращаются в растворимый хлорид  $PbCl_2$ . Растворимые соединения свинца далее могут пройти сквозь стенку кишечника и всосаться в кровь. Попадание в организм даже небольших количеств способно привести к необратимым изменениям в головном мозге. Особенно опасно регулярное, пусть даже небольшое поступление свинца в организм, потому что свинец из него почти не выводится, а накапливается, в основном в костях, частично замещая кальций в фосфате  $Ca_3(PO_4)_2$ . При этом ядовитое действие усиливается со временем. Попадая в мягкие ткани — мышцы, печень, почки, головной мозг, лимфатические узлы, свинец вызывает заболевание — пловизм. Как и многие другие тяжелые металлы, ионы свинца блокируют деятельность ряда ферментов. Было установлено, что их активность снижается в сто раз при увеличении концентрации свинца в крови с 10 до 100 микрограммов на 100 мл крови. При этом развивается анемия, поражаются кровеносная система, почки и мозг, снижается интеллект.

В настоящее время свинцовые белила используют в очень ограниченных количествах и только в художественных красках. Но и в этом качестве у свинцовых белил есть недостаток: присутствие в воздухе даже следов сероводорода приводит к их постепенному потемнению из-за образования черного сульфида свинца:  $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2 + 3H_2S \rightarrow 3PbS + 2CO_2 + 4H_2O$ .

А можно ли отравиться посудой из хрустала? В стекольном деле хрусталем называют особое стекло с высоким коэффициентом преломления. Для этого в шихту добавляют значительные количества оксида свинца  $PbO$ . Ионы свинца очень трудно выщелачиваются из хрустального стекла, поэтому не будет никакого вреда, если выпить шампанское из хрустального бокала. Но длительно хранить напитки в хрустальной посуде, может быть, и не следует.

Сотни лет источником свинца для



## СТО ХИМИЧЕСКИХ МИФОВ

рабочих некоторых специальностей были типографии. После того как в 1436 году Иоганн Гутенберг изобрел способ книгопечатания с использованием подвижных металлических литер, печатники сотни лет отливали буквы из так называемого типографского сплава на основе свинца (с примесью олова и сурьмы). Неудивительно, что такая работа считалась вредной: рабочие типографий постепенно травились свинцом: вдыхание свинцовой пыли значительно опаснее свинца в пище. Что и обыграл И.П.Штемлер в книге «Гроссмейстерский балл»:

*«Филиппа подозвали к плавильне первым. Ковш был тяжелый и жаркий. Сизый дымок вырывался из лопающихся пузырьков.»*

*— Вообще-то свинец чрезвычайно вреден для здоровья, — слышался голос Левки.*

*— Если его жрать без хлеба, — согласился мастер.»*

Иногда можно прочитать, что грибы и ягоды, выросшие рядом с автострадой, накапливают много свинца, который выделился из выхлопных труб автомобилей. Когда-то это действительно было так: в бензин для повышения октанового числа добавляли немного антидетонатора — жидкого тетраэтилсвинца  $Pb(C_2H_5)_4$ . В цилиндре при высокой температуре из него образуются оксиды свинца. И чтобы они не отлагались на стенках, в бензин вводили также этилбромид (или дибромпропан). Эти вещества выносят свинец вместе с выхлопными газами в виде дибромидов. Смесь тетраэтилсвинца с этилбромидом называется этиловой жидкостью, а бензин с такой добавкой называется этилированным. В Евросоюзе этилированный бензин был запрещен с 1 января 2000 года, а в России — с 15 ноября 2002 года. Однако свинец и сейчас может попасть в лесные грибы и ягоды, если они выросли неподалеку от промышленных предприятий или дорог. А в некоторые водоемы свинец попадает в период охоты с оружейной дробью, которая к тому же содержит мышьяк.

**И.А. Леенсон**



**Если вы  
скачали этот  
номер  
журнала  
Химия и  
жизнь  
с бесплатного  
сайта,  
то**

**внести посильный взнос на оплату труда  
журналистов, редакторов, художников  
и корректоров вы можете, оплатив один  
номер или целую подписку  
в нашем киоске по адресу:**

**[http://www.hij.ru/buy\\_subscribe/](http://www.hij.ru/buy_subscribe/)**

**Если вам  
надоело  
скачивать  
случайные  
номера  
журнала  
Химия и  
жизнь  
с бесплатного  
сайта,  
то**



**с любого номера вы можете подписаться  
на бумажную или электронную версию  
журнала по адресу**

**[http://www.hij.ru/buy\\_subscribe/](http://www.hij.ru/buy_subscribe/)**

# Судьба сигареты

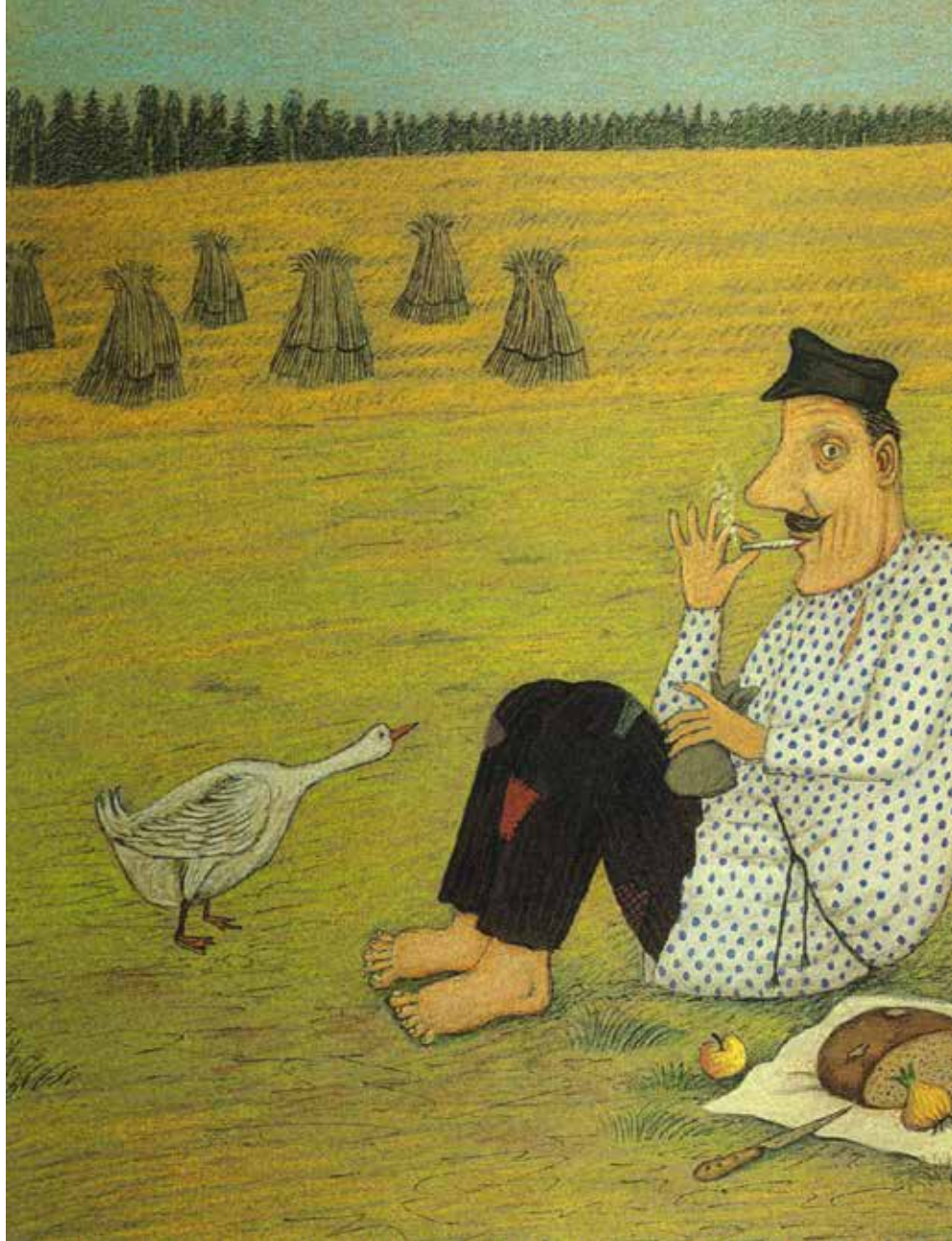
Кандидат  
физико-математических наук  
**С.М. Комаров**

*Сигарета к сигарете, дым под лампою,  
Здравствуй, вечер катастрофы, час дождя...*  
Юрий Визбор

Сигаретный дым, не столь давно неременный атрибут тяжелого или задушевного разговора, элемент обстановки в кабинетах, где проходят совещания капитанов промышленности или советработников, принимающих трудные, но необходимые решения, словом, одна из важных черт, сопровождавших жизнь людей на протяжении двадцатого века, скоро может совсем исчезнуть. Однако не потому, что люди перестанут курить табак, но вследствие научно-технического прогресса и изобретения новых способов и устройств для потребления никотина. Для них уже придумано название — устройства с пониженным риском; это электронные сигареты, их еще называют е-сигареты или вейпы, и новейшие устройства нагревания табака, для которых общего названия пока нет.

## Приход табака

История курения табака в Европе и Азии начинается, как и история широкого распространения в человеческом обиходе других представителей семейства пасленовых, с прибытия кораблей Колумба в будущую Америку: трубку мира индейцы, предположительно, араваки, ему предложили выкурить сразу после высадки на Багамах (будущий остров Сан-Сальвадор) в октябре 1492 года. Сухие табачные листья вместе с другими экзотическими растениями и животными Нового Света были привезены в метрополию, а вскоре туда попали и семена — в Португалии появились табачные плантации. В 1559 году в Лиссабон из Парижа приехал Жан Нико — договариваться о свадьбе Маргариты де Валуа с португальским принцем Себастьяном. Сватовство не заладилось, но к табаку Нико пристрастился, и спустя год он вернулся на ро-



дину с сухими листьями этого растения и его семенами. Вскоре вдовствующая королева Екатерина Медичи, а за ней и весь французский двор, и даже рыцари-монахи в лице Великого магистра и братья ордена Иоанна Иерусалимского, уже выгнанных к тому времени с Родоса на Мальту, пристрастились к нюхательному табаку, получаемому на плантациях Нико. Поэтому неудивительно, что ботаники, раздавая названия растениям, увековечили в курительном табаке имя предприимчивого дипломата: *Nicotiana tabacum* и *Nicotiana rustikum*. Да, курительный табак — это не один вид. Первый, с содержанием никотина в листьях на уровне 1—3%, стал впоследствии основой сигарет, а второй — с содержанием 5—15% — превратился в самосад, махорку. Помимо химического состава листьев (а у махорки еще много лимонной кислоты, отчего ее из этих листьев и экстрагировали там, где не растут лимоны), оба вида различаются агро-

техникой — махорка прекрасно растет в умеренном климате, табак же — только на юге. Поэтому именно самосад широко распространился по территории России и Польши. Выращивают его также в Иране, Вьетнаме и Латинской Америке — откуда, собственно, это растение и происходит. Само же слово «табак», как это пишет иранская энциклопедия, происходит от арабского *tabg* или *tabag* во множественном числе; этим словом называли посконник, который использовали как снотворное, хотя по внешнему виду это растение несколько похоже на коноплю.

Курить табак в Иране, видимо, начали вскоре после появления этого растения в Европе. Предполагается, что португальцы привезли его в страну при шахе Тахмаспе I из династии Сефевидов. Во всяком случае, живший во время его правления поэт Али Ширази, умерший в 1535 году, впервые использовал слово «кальян». Кальяноведы ведут спор, был



Художник В. Любаров



## РАССЛЕДОВАНИЕ

водяной фильтр, где происходит их очистка. Примерно так и работают самые современные средства курения — устройства нагревания табака, речь о которых пойдет ниже.

Историки отмечают, что иранский лекарь Абу Фатх Гилани, заботясь о здоровье индийского правителя Акбара I из династии Великих Моголов — современника Аббаса, присоветовал ему кальян, и это первое задокументированное использование высокотехнологичного курительного устройства; к табаку же Акбара приучили, как водится, европейцы — иезуиты. В отличие от них, иранские богословы были категорически против курения табака, указывая, что занятие это бессмысленное и, стало быть, греховное. Аналогично на Руси табак, широко введенный в обиход Петром I вместе с другими западноевропейскими новинками, довольно долго считался бесовской забавой, придуманной царем-антихристом для отвлечения православных от спасения. А вот цитата из вполне современного текста, посвященного как раз устройствам с пониженным риском курения. «В традиционной сигарете табачный дым содержит тысячи ядовитых и канцерогенных веществ, которые действуют на активного и пассивного курильщика. Среди них угарный газ (риск инфаркта миокарда) и смолы (канцероген). В е-сигаретах дыма нет, однако они отнюдь не столь невинны, как это следует из рекламы. Фактически пар е-сигарет содержит в меньшем количестве некоторые из тех компонентов, что присутствуют в сигаретном дыме, однако в нем есть и другие ядовитые и канцерогенные вещества, концентрация которых в паре выше, чем в дыме. Что касается новых устройств нагревания табака, то пока нет достаточно убедительных данных, полученных независимыми исследователями. С учетом того, что потребление табака в стране неуклонно снижается, Бразильская медицинская ассоциация считает введение на рынок этих двух разновидностей новых устройств для курения табака безответственным для общественного здоровья и рекомендует не использовать их ни для снижения вреда курения, ни как средство, помогающее

ли это прибор для курения именно табака или все-таки гашиша либо конопли. Поэт этого не уточняет. Зато доподлинно известно, что внук Тахмаспа — шах Аббас Великий поначалу запрещал курение табака, однако потом разрешил не только курение, но и выращивание, причем сразу же обложил торговлю немалым акцизом для пополнения казны государства, которое при нем вело многочисленные войны.

В русской истории шах Аббас прославился несколько раз. Так, царь Борис Федорович для усиления позиций в Закавказье хотел поженить своих детей — царевича Федора и царевну Ксению с детьми картлийского царя Георгия. Аббас, прознав о переговорах, решил разрушить этот план и сам занялся сватовством. Тбилисский двор ему отказать не посмел, но Грузию это не спасло — через двадцать лет Аббас напал на нее, вырезал около ста тысяч жителей Картли и Кахети, а

триста тысяч угнал в Иран. Потом Аббас едва не стал русским царем. Царица Марина Юрьевна, бежав в Астрахань вместе с атаманом Иваном Заруцким, обратилась к Аббасу с просьбой. Она просила, как сейчас бы сказали, ввести миротворческий контингент для противодействия гибридной агрессии Речи Посполитой с использованием проваршавских активистов Семибоярщины. Операция не состоялась, поскольку царица Марина отказалась дать запрошенную цену — выйти замуж за шаха, что дало бы ему права на русский престол.

Иранская история интересна тем, что персидские врачи и священнослужители, в отличие от европейских, сразу же стали указывать на вред табакокурения. И именно для снижения этого вреда был предложен кальян, где, во-первых, табак не горит, а нагревается тлеющими углями, а, во-вторых, получающиеся продукты пиролиза проходят сквозь

бросить курить» («Revista da Associação Médica Brasileira», октябрь 2017, 63, 10; doi: 10.1590/1806-9282.63.10.825). Как видно, за прошедшие столетия мало что поменялось: одни борются с курением табака по мере сил, другие продолжают его выращивать и использовать. Государство, следуя традиции шаха Аббаса, не упускает свою выгоду, получая от этой человеческой слабости денежные средства в виде акцизов.

## Сколько курим?

Сигареты как промышленная продукция появились во второй половине XIX века, и с тех пор их производство только растет; лишь в середине 90-х годов XX века оно вышло на плато в районе 5,5 трлн сигарет в год (в 2016 году было выкурено 5,7 трлн сигарет). Поскольку население планеты также растет, производство в расчете на одну душу меняется слабо — с начала 70-х годов оно находится в пределах 800—1000 штук на человека в год. Если же брать число курильщиков, то их, по данным ВОЗ, сейчас примерно 1,1 млрд человек, а к 2025 году если это число и упадет, то незначительно — до 1 млрд человек. Как нетрудно посчитать, один средний курильщик в год выкуривает 5180 сигарет, или 14 сигарет в день. Это число не меняется десятилетиями — в 60-х годах в Великобритании, по данным Королевского общества врачей, 42% курильщиков употребляло в день по 15 сигарет. Сейчас больше всего из крупных стран курят в КНР, РФ, США и Канаде — около 2500 сигарет в год на одного жителя, в остальных регионах — не более 1000.

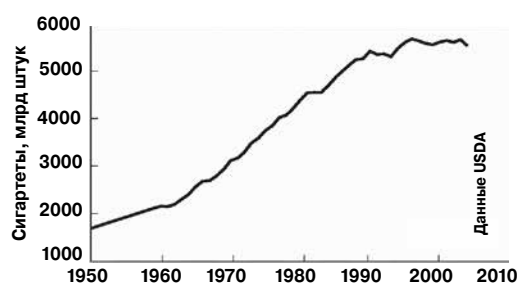
Тем не менее считается, что курение с 50-х годов пошло на спад, особенно в развитых странах, и это результат борьбы с ним. А в активную фазу эта борьба вступила после того, как в начале 50-х годов ученые взорвали мину под сигаретной промышленностью; в это время почти одновременно было опубликовано два исследования — в США и Великобритании, в которых напрямую связали риск заболеть раком легких с числом выкуриваемых сигарет в день. Борцы с курением получили для своей атаки более мощный аргумент, чем капля никотина, убивающая лошадь, а компаниям — изготовителям сигарет пришлось начать оптимизацию своих изделий. Однако сначала нужно было разобраться, в чем же вред сигареты, каков его механизм.

## Зависимость от никотина

С одним вредным веществом было понятно изначально — это сам по себе никотин, ради потребления которого и используют табак. Вот что про него известно в настоящее время («Drug and

Therapeutics Bulletin», 2014, 52, 78—81; doi: 10.1136/dtb.2014.7.0264). В организме никотин распределяется очень быстро — уже через пятнадцать секунд после первой затяжки он оказывается в мозгу. В крови его концентрация выходит на плато спустя шесть минут после начала курения, а еще через два-три часа он наполовину из организма выходит либо распадается. Впрочем, не до конца — следы никотина в крови видны и спустя сутки после курения. Из жевательного или табачного пластыря, наклеенного на кожу, никотин поступает медленнее и по другому пути — сначала он проходит через печень, где частично разрушается. То есть потребление никотина с этими продуктами — а никотиновую жвачку или пластырь предлагают как средство борьбы с курением — ниже, чем с сигаретами. И это важно: как оказалось, от дозы никотина зависит привыкание к нему, и средства терапии табачной зависимости делали как раз с учетом этого предельного значения. Граница опасного и безопасного потребления никотина была установлена в 1994 году, когда в результате многочисленных исследований выяснилось, что люди, курящие не меньше пяти сигарет в день, вполне способны без особых проблем бросить курить. Расчет же показал, что это соответствует дневной дозе никотина в 4—6 мг. При том, что из дыма сигареты курильщик извлекает 40% никотина, появилось ограничение на содержание никотина в сигарете — 0,4—0,5 мг. Запомним это число и посмотрим на механизм зависимости.

Никотин может связываться с рецепторами нейронов и порождать ложный сигнал, приводящий к массовому производству гормонов. Это прежде всего гормоны удовольствия: серотонин и дофамин. Образуются и выделяющиеся при стрессе эндорфины — они, в частности, придают бодрости, снижают боль и уменьшают активность желудочно-кишечного тракта. Есть и гормоны агрессии — адреналин и норадреналин, они усиливают ток крови, повышают давление и вообще в норме помогают организму справиться с критической ситуацией, когда надо либо бить, либо бежать. При постоянном курении получаются два эффекта. Во-первых, сокращается выработка веществ, которые регулируют производство этих важнейших гормонов, а во-вторых, увеличивается число рецепторов для связывания с никотином. То есть при курении вырабатывается больше гормонов того же удовольствия. Так возникает привыкание — без сигареты уровни дофамина, норадреналина и прочих оказываются недостаточными, и человек страдает. На это обратили внимание физиологи, которые разоблачают мифы курильщиков. В частности, один из них звучит так: я курю, чтобы



Производство сигарет в мире до недавнего времени стабильно росло

успокоиться, сосредоточиться и поднять настроение. Как оказалось, все не столь просто. После выкуривания сигареты настроение у курильщика действительно улучшается. Только спустя часа два — как раз когда содержание никотина в крови сильно уменьшится — настроение резко ухудшается, и выправить его можно новой сигаретой. То есть выходит, что плохое настроение у курильщика и есть следствие привыкания к сигарете, а не вызвано житейскими обстоятельствами. В среднем же при многолетних наблюдениях получается, что настроение у курильщика хуже, чем у некурящего человека, и это следствие пристрастия к табаку. Эта зависимость, по мнению бескомпромиссных борцов с курением, и есть самая большая и неизбежная опасность потребления табака. Что же касается физического здоровья, вред никотина таков. В канцерогенности непосредственно никотин замечен не был — опасны образующиеся из него при нагреве нитрозамины, речь о которых ниже. Поскольку никотин стимулирует кровообращение и повышает кровяное давление, очевидно, что для сердечно-сосудистой системы курильщика это не проходит даром — возрастает риск повреждения сосудов и развития атеросклероза. И естественно, будучи мощным средством регулирования выработки гормонов, курение неизбежно сказывается на развитии нейронов плода у курящей матери. А еще никотином можно отравиться, но это случается редко — как правило, если ребенок съест сигарету или, после появления новых технологий, выпьет жидкость, которую заливают в электронную сигарету.

## Что там в дыме?

Второй компонент вреда — собственно сигаретный дым — гораздо разнообразнее, все-таки он состоит из многих тысяч веществ. Главное их достоинство в том, что, в отличие от никотина, они совсем не нужны курильщику. То есть теоретически, совершенствуя сигареты, можно от дыма избавиться, от никотина же в сигаретах избавиться нельзя, это все равно что пытаться делать водку без спирта для предотвращения алкоголизма.

С точки зрения физической химии сигаретный дым — это аэрозоль, состоящий из газов и твердых частиц. 95% веса дыма приходится на 400—500 газообразных веществ, а остальное — на 3500 веществ в виде частиц, число которых в миллиграмме дыма составляет около миллиарда, а всего дым одной сигареты весит 500 мг. Основные компоненты газа — вполне безвредные азот, кислород, водяной пар и углекислый газ. Доля вредных кажется ничтожной, считанные проценты, но урон здоровью они наносят немалый. Самая большая концентрация у угарного газа — до 4,5%, вред которого очевиден: он связывается с гемоглобином, вызывая удушье. Ему в затруднении дыхания и общем поражении легких помогают оксиды азота, альдегиды, синильная кислота и смолы. Они же все вместе работают и против сердечно-сосудистой системы. Кроме того, альдегиды усиливают действие никотина, ускоряя привыкание. А вот развитию рака содействуют немногие летучие компоненты, главными из которых, видимо, оказываются бензол и разные альдегиды. Зато на твердых частицах осаждаются основные вещества, провоцирующие рак, — это табак-специфические N-нитрозамины (они возникают из никотина и других табачных алкалоидов) и полициклические ароматические углеводороды. Несмотря на то что их содержание ничтожно (оно измеряется десятками нанограммов на сигарету), разрушительное действие весьма сильно. Нитрозамины вызывают рак ротовой полости, пищевода, поджелудочной железы. В развитии рака гортани и легких им помогают полициклические углеводороды. Ароматические амины вызывают рак мочевого пузыря. Вообще же опыты над животными собрали достаточно доказательств канцерогенности на 52 органических компонента табачного дыма и на 7 неорганических, включая радиоактивный полоний.

Очевидно, что от всех этих компонентов хочется избавиться, делать же это можно разными способами, а именно фильтровать дым, обогащать его кислородом для более полного сгорания и менять состав самого наполнителя сигареты. Все эти способы были опробованы. Если в 50-х годах сигарет с фильтром практически не было, то теперь их выпускают только с фильтрами самых разных конструкций. Проходя сквозь фильтр, дым существенно очищается за счет осаждения твердых частиц и адсорбции на волокнах многих летучих компонентов. Бумагу для сигарет стали делать пористой, в нее добавляют инициаторы горения. Фильтры также стали перфорировать для того, чтобы уменьшить скорость прохождения дыма и еще больше увеличить степень сгора-

ния того же угарного газа, оксидов азота и нитрозаминов. В результате к началу XX века содержание смол — интегральный показатель очистки дыма — снизилось в три раза, с 36 до 12 мг на одну сигарету. Удалось заметить и интересные эффекты. Так, в Японии в 70% сигарет применяют активированный уголь, который существенно снижает концентрацию в дыме угарного газа и альдегидов, а в США и Великобритании его почти не применяют. Статистика показывает, что в Японии при курении 10—20 сигарет в день риск получить рак легких в 5,4 раза превышает среднее значение, а в США — в 7,5 раз. Перфорация на фильтре, а сейчас ее делают на 75% сигарет, продающихся в развитых странах, при своих плюсах имела и минусы — у сигареты появлялся неприятный вкус. Его компенсировали ароматическими добавками.

А как уменьшить вред сигареты с помощью самого табака? Для этого использовано несколько хитростей. Химический состав листьев сильно зависит от того, как их сушили. Если при большой температуре — на солнце (это называется турецкий табак) или в печи — получится так называемый светлый виргинский табак, составляющий основу большинства сигарет. Если в тени на воздухе — темный, успевший пройти ферментацию. Эти табакки дают разную кислотность дыма — у темного он значительно более щелочной, pH может превышать 7,8, а у светлого — почти нейтральный. В результате в дыме темного табака много (при pH 7,5 — 15%, а при 8 — 80%) никотина оказывается в газообразной фазе и очень быстро поступает в кровь и мозг курильщика. В дыме светлых сортов, наоборот, практически весь никотин сосредоточен на твердых частицах — тех самых, что несут на себе опаснейшие нитрозамины и полициклическую ароматику и с которыми борются с помощью фильтров. А большое влияние на образование этих канцерогенов оказывают нитраты, содержащиеся в табаке: при горении они либо сгорают, причем не полностью, и дают, например, аммиак и несколько оксидов азота, либо вступают в реакцию с никотином и другими табачными алкалоидами, порождая нитроз- и другие амины. Содержание нитратов тесно связано со способом сушки: в светлом табаке их концентрация не превышает 0,5%, а в темном достигает 5%. Именно из-за того, что нитраты при горении дают аммиак, дым темного табака может иметь весьма неприятный для курильщика запах — такой табак не вдыхают в легкие, оставляя его во рту до впитывания никотина.

Различие в содержании нитратов приводит к тому, что в дыме темного табака нитрозаминов гораздо больше, чем в дыме светлых сортов. Однако это имеет и обратную сторону: нитраты служат ловушкой для тех радикалов, которые



## РАССЛЕДОВАНИЕ

способны порождать полициклические углеводороды. Поэтому они отсутствуют в дыме темного табака, но в избытке присутствуют в дыме светлого. В опытах на животных, впрочем, полициклическая ароматика ведет себя гораздо менее канцерогенно, чем нитрозамины, поэтому изготовители сигарет стремятся уменьшить содержание нитратов в табаке. Однако они не всегда последовательны в таком стремлении.

Вред сигареты можно уменьшать и снижая концентрацию самого никотина. Это хорошо с двух точек зрения — уменьшаются вероятность привыкания и основания для критики, а также снижается производство нитрозаминов. Действительно, за 50 лет, с 1950 года, содержание никотина в американских сигаретах снизилось с 2,5 до менее 0,9 мг на сигарету, то есть почти приблизилось к безопасному с точки зрения привыкания уровню 0,4—0,5 мг. Достигают этого несколькими способами, и селекция табака — отнюдь не главный. Основной — изготовление искусственных табачных листьев из смеси листьев, пыли, перемолотых жилок и стеблей табака. Выигрышей здесь два. Во-первых, удается пристроить бросовое сырье, а во-вторых, уменьшить содержание никотина к удовольствию защитников здоровья — в жилках и стеблях этого вещества мало. Если же добавить в смесь волокна целлюлозы, то существенно снизится содержание в дыме фенолов, полициклической ароматики и общее содержание смол. При этом лучшие результаты дает смесь, где нет никаких листьев — только размолотые стебли табака; то есть сигареты из веточек и палочек, вопреки городской легенде, делают не из экономии, а исключительно из заботы о здоровье курильщиков. Недостаток такого стеблевого табака в том, что в нем много нитратов: если их предельно не удалить, то число нитрозаминов возрастет и в дыме светлого табака. Сейчас из такого реконструированного табака делают до трети американских сигарет.

Другой прием — вспученный табак, у которого за счет быстрого испарения воды или фреона возникают многочисленные поры и растет объем. При

заполнении сигареты таким табаком можно без изменения плотности набивки на треть снизить вес сигареты. Если же набивать исключительно вспученными стеблями, то удастся уменьшить содержание никотина до безопасного норматива — 0,4 мг.

Вообще-то снижение содержания никотина выглядит довольно странной стратегией борьбы с вредом сигареты. Человек ведь хочет не выкурить ее, а получить вполне определенную дозу никотина. Поэтому при курении сигареты с малым содержанием целевого вещества приходится затягиваться глубже и чаще, что в несколько раз увеличивает поток табачного дыма со всем его вредным содержанием. Опытный курильщик борется и с дырочками на фильтре — закрывает их пальцем, чтобы воздух не разбавлял дым. Это сводит на нет всю борьбу с содержащимися в дыме смолами и прочими опасными веществами, а борцам с курением дает повод обвинить табачные компании в лицемерии.

## Первый подход к чистой сигарете

К 90-м годам, в сущности, были исчерпаны возможности снижения вреда от сигарет в том виде, как мы их знаем. Поскольку критики считают эти меры недостаточными и продолжают обвинять табачные компании в целенаправленном убийстве их доверчивых клиентов, возникла идея подарить рынку совершенно новый подход к курению — сделать не сигарету, а устройство с пониженным риском. И тут на помощь пришла старинная затея с кальяном, где нет сжигания табака.

Официально считается, первым такое устройство сделала и вывела на рынок американская компания «J.P.Reynolds» (она выпускает, например, сигареты «Camel»). Ее первая безопасная сигарета под названием «Premier» была устроена так. В трубочку из алюминия насыпан мелко молотый табак, пропитанный глицерином, — чтобы не высыпался. За трубочкой расположен отсек с обычным табаком и далее — фильтр. Все обернуто в сигаретную бумагу и выглядит как сигарета. А к внешнему концу, который поджигают, приделана таблетка из пористого углерода. Курильщик поджигал углерод, и тот нагревал табак. На входе в рот курильщика получался дым, богатый никотином и лишенный продуктов горения табачных листьев. В 1988 году в нескольких американских городах стали продаваться экспериментальные партии этих сигарет, но спустя год их производство прекратилось из-за отсутствия спроса — считается, что курильщикам не понравился запах горящего угля. Следующей попыткой

оказалось аналогичное устройство «Eclipse» той же компании, которое в 1996 году начали продавать под лозунгом «Представь невообразимое». Эксперимент с ним продолжался гораздо дольше — по 2008 год. Широкого развития и этот проект не нашел — считается, что «Eclipse» в основном продавали работникам компании, которым было запрещено курить сигареты с дымом. В 1998 году свое устройство «Accord» представила на рынке компания «Philip Morris International». Оно уже совсем было не похоже на сигарету — капсулу с табаком вставляли в нагреватель, получившийся аэрозоль курильщик втягивал в себя через фильтр. Это устройство продержалось на рынке до 2006 года, после чего покинуло его из-за слабых продаж. Есть подозрения, что все эти устройства были придуманы вовсе не в качестве заботы о здоровье клиентов или для замены традиционных сигарет, а как дополнение к ним, и служили для выполнения закона о зонах без табачного дыма. То есть объектом заботы оказались пассивные курильщики.

Однако гражданские антитабачные активисты раскопали подноготную всей истории, которая оказалась гораздо интереснее. Согласно документам, украденным в 90-х годах в компании «British-American Tobacco», БАТ («American Journal of Public Health», 18 мая 2017 года; doi: 10.2105/AJPH.2017.303806), работы над новыми устройствами для курения табака начались еще в 1960 году. Тогда табачные компании, напуганные возможными жесткими ограничениями из-за града обвинений в способствовании развитию рака легких, решили придумать обходной путь. В частности, в БАТ на помощь позвали физика сэра Чарльза Эллиса, к табаку не имевшего никакого отношения. Но, будучи участником британского ядерного проекта, он обладал большим опытом решения научно-практических задач, за что в 1946 году удостоился рыцарского звания. Эллис, проявив научный подход, начал с глубокого исследования причин курения. Довольно скоро выяснилось, что люди курят именно из-за пристрастия к никотину и у них развивается зависимость. С другой стороны, были обнаружены положительные действия никотина. Так, в качестве транквилизатора он имел гораздо меньше побочных последствий, чем поступавшие на рынок препараты. Поэтому Эллис с чистой совестью и предложил создать устройство, с помощью которого люди могли бы безопасно потреблять никотин, который доставляет удовольствие и приносит пользу. За это ученого сейчас обвиняют в беспринципности, мол, как же так, ведь знал, что никотин вызывает привыкание, и решил это не предот-

вращать, а использовать в корыстных целях. Интересно, что идущая во всем мире легализация очевидного наркотика — конопли — почему-то не вызывает резких протестов общественности.

В общем, предложение Эллиса приняли, и к 1969 году устройство было создано. Внешне оно было похоже на сигарету и даже набито табаком, но внутри располагалась тонкая трубочка, на внутреннюю стенку которой был нанесен экстракт никотина. Сначала ее делали из керамики, а затем, для увеличения теплопроводности, заменили на алюминий. Вместо фильтра имелся аналог мундштука, препятствующего попаданию дыма в рот курильщика. Табак горел, трубка нагревалась, никотин испарялся. Однако счастье не наступало — при первой же затяжке неудержимо першило в горле. Использовать такой никотин можно было как сигарный дым — оставляя его во рту, а не втягивая в легкие. Причиной же была щелочная реакция испаряющегося со стенок трубки экстракта. С химической точки зрения ситуация выглядит так. При кислой реакции к молекуле никотина присоединяется ион водорода. Он, при наличии аэрозоля, помогает никотину присоединиться к его частице: не случайно в дыме светлого табака частиц большей частью находится на частицах аэрозоля. В результате раздражение от него становится меньше. При щелочной же реакции водорода нет, никотин поступает в виде газа и сразу реагирует со слизистой оболочкой дыхательных путей. Ситуацию исправили, добавив в экстракт лимонную кислоту: имеющийся в ней ион водорода связывался с никотином и делал его менее резким.

Была сделана и опробована опытная партия устройств, конструкцию запатентовали, и на этом дело закончилось — невидимая рука рынка поставила на место амбиции инженеров. За двадцать лет шок от открытий 50-х годов прошел, меры по запрещению курения оказались не столь уж жесткими, действия по снижению содержания смол в сигаретном дыме вроде применения фильтров и пористой бумаги были предприняты, продажи сигарет уверенно росли. В БАТ решили: революционное устройство только навредит — может вызвать всплеск административных действий, а то еще и составит конкуренцию традиционным сигаретам.

## Второй подход к чистой сигарете

Вторая попытка дать курильщикам чистый никотиновый пар была предпринята уже компанией «Philip Morris International» («Tobacco Control», 2016; doi: 10.1136/tobaccocontrol-2016-053406).



Бездымную сигарету «Eclipse» компания «J.P. Reynolds» продавала с 1996 по 2008 год. В ней табак нагревался при горении угольной таблетки — ее видно в торце сигареты

В начале 90-х годов, задумавшись о будущем, в компании решили помимо упомянутого устройства для нагрева табака разработать конкурирующее устройство. В нем содержащая никотин жидкость по капиллярам поступала в нагреватель, где должна была испаряться, превращаться в аэрозоль и создавать как иллюзию дыма, так и обеспечивать курильщика дозой никотина. Поначалу предполагалось использовать водный раствор никотина, но он не позволял имитировать дым. Тогда стали экспериментировать с маслом: такой аэрозоль оказался лучше. В конце концов выбор остановили на растворе никотина в глицерине и пропиленгликоле. К 1998 году дело подошло к патентованию и началу производства. Но и этот проект положили под сукно, а чтобы вернуть затраченные деньги, стали пропагандировать его как основу для системы приготовления аэрозоля из лекарств или каких-то съедобных продуктов вроде кофе. Считается, что причин было две. Во-первых, опасались, что получить разрешение на использование такого устройства будет трудно, а во-вторых, избежали недовольства табачных фермеров.

Но вот наступил 2003 год. Ли Хань, пекинский фармацевт, делавший снадобья из женьшеня, решил бросить курить, поскольку его отец только что умер от рака легких. Но ему все не удавалось избавиться от зависимости, и, имея неплохую лабораторию, он решил сделать устройство для чистого потребления никотина. В результате родилась уникальная электронная сигарета, в которой никотиновый аэрозоль возникал в результате ультразвукового распыления жидкости. Восхитившись результатом своих трудов, Ли запатентовал устройство и основал компанию для его продажи: в 2007 году е-сигареты добрались до США. Но Ли не сильно преуспел — удивительным образом не китайцы у американцев, а наоборот, американцы стали воровать интеллектуальную соб-



Самая современная система нагрева табака — «IQOS» компании «Philip Morris International». Курительное электрическое устройство со вставленным табачным стиком лежит на устройстве для подзарядки

ственность и делать свои электронные сигареты. Правда, вскоре с ультразвука все перешли на нагрев, что сделало никотин все-таки загрязненным продуктом пиролиза курительной жидкости, где были и ароматические добавки, и глицерин или пропиленгликоль. Рынок стремительно рос; к 2013 году большие табачные компании заметили конкурента и стали скупать изготовителей и разработчиков е-сигарет, чтобы начать выпуск собственного товара. Бизнес Ли Ханя достался в 2013 году дочернему предприятию британской компании «Imperial Tobacco» за 75 млн долларов, а «Philip Morris International» в лице своего дочернего предприятия вытаскил из-под сукна уже разработанную модель и сейчас торгует сигаретоподобным устройством под названием «MarkTen».

### Третий подход к чистой сигарете

Появление и быстрое освоение рынка электронными сигаретами резко стимулировало деятельность табачных компаний и по созданию устройств нагрева табака: успех конкурирующей линии подсказал, что их время пришло. Пропаганда здорового образа жизни и все более строгие меры по ограничению курения, особенно создание зон, свободных от дыма, наконец изменили поведение курильщиков, ранее отвергавших все заменители сигарет. И в 2014 году «Philip Morris International» выпустила совершенно новое устройство — инновационную систему нагревания табака «IQOS». Оно представляет собой мундштук наоборот: табачный стик вставляют в него фильтром наружу. В мундштуке расположены аккумулятор, терморегулятор и нагреватель — керамическое лезвие, которое входит внутрь вставляемого стика с табаком. Табак нагревается до температуры 350°C, никотин испаряется, и получающийся с использованием того же глице-



## РАССЛЕДОВАНИЕ

рина, что и в е-сигаретах, аэрозоль поступает через фильтр в рот курильщика. Хранится же этот мундштук в устройстве для подзарядки аккумулятора. Затем, уже в 2016 году, свои устройства выпустили в широкую продажу и другие компании: БАТ — «glo», «Japan Tobacco» — «Ploom Tech». В отличие от «IQOS», в этих устройствах идет паровая экстракция — нагревается некая жидкость, и ее пары, проходя сквозь табак, извлекают никотин; недостаток такого метода в том, что никотина в каждой затяжке оказывается существенно меньше, чем привыкли курильщики, «IQOS» же этого недостатка лишен. Впрочем, с точки зрения противников курения, это скорее достоинство.

Первые продажи устройств нагрева табака начинались в Японии, чему способствовали местные законодатели, объявившие войну электронным сигаретам. Они сделали сложную процедуру их сертификации, приравняли курительные жидкости к фармацевтическим препаратам, что сильно затруднило их прямую продажу в стране. Кстати, в Швейцарии также запрещены жидкости для е-сигарет, содержащие никотин, — только создающие ароматы; курильщики выписывают никотиновые жидкости из-за рубежа в малых количествах для личных нужд. Однако японцы известны своей любовью к техническим новинкам, поэтому создатели высокотехнологичных систем нагрева табака не случайно рассчитывали на успех именно на японском рынке.

В 2014 году «IQOS» появился в Японии, в 2015 году его начали продавать в Италии и России, а в 2017 году — уже в тридцати четырех странах. В Японии и Италии как странах-пионерах можно подводить некие промежуточные итоги, и они оказались блестящими для табачников и фатальными для борцов с табаком.

Оказалось, что люди стали живо интересоваться новым устройством. Об этом судят не только по объемам продаж, но и по числу запросов в поисковых системах. Они свидетельствуют: устройства для нагревания табака уверенно обходят по динамике роста интереса у них электронные сигареты. Так, в Японии, судя по статистике Гугла,

интерес к е-сигаретам, выйдя на некоторый уровень десять лет тому назад, остается постоянным. А вот интерес к «IQOS» растет постоянно и очень быстро. Возможно, этому способствовал блестящий маркетинговый ход — в апреле 2016 года участники популярного юмористического телешоу обсудили достоинства и недостатки такого способа потребления никотина. Эффект был грандиозным — число запросов выросло восьмикратно и с тех пор держится на этом высоком уровне, который во много раз выше, чем у е-сигарет. Возможно, сравнение такой японской динамики некорректно в связи с затруднениями покупки курительных жидкостей, но и в США интерес к е-сигаретам растет в 400 раз медленнее, чем в Японии к устройствам нагревания табака («PLoS ONE» 11 октября 2017 года; doi: 10.1371/journal.pone.0185735). В Японии во втором квартале 2018 года, по данным «Euro-monitor», «IQOS» занял 15% рынка табачных изделий и 80% рынка устройств нагревания табака, в Южной Корее — 8% рынка сигарет. В Италии наблюдается аналогичный взрывной спрос: в 2015 году продано 11 тонн, в 2016 — 83 тонны, в 2017 — 519 тонн курительных капсул для «IQOS». Число итальянских интернет-запросов за 2016 год выросло десятикратно с продолжением роста в 2017 году. Статистика по другим странам еще не подведена, но уже видно, что в сознании людей произошли некие изменения и новая модель курения имеет все шансы не повторить печальную судьбу своих предшественников.

## Перспективы борьбы

Многих пугает популярность электронных устройств для потребления никотина. Причин здесь две. Первая и самая главная состоит в том, что оба типа электронных устройств выполняют свою миссию: сделать потребление табака более безопасным. В компании «Philip Morris» решили не повторять ошибок прошлого, когда табачные компании, вопреки научным данным, отрицали сам факт вредности курения. Напротив, корпоративный исследовательский центр, расположенный в Швейцарии, потратил несколько миллиардов долларов на подробные исследования процессов пиролиза табака и действия получающихся в «IQOS» продуктов на живые организмы. В ход шли как точные химические измерения, так и биохимические исследования с использованием живых тканей и созданных из них моделей целых органов; с их помощью смотрели кинетику метаболизма, гено- и цитотоксичность аэрозоля, который возникает в устройстве. Соответствующие статьи были опубликованы



Фото: «Philip Morris International»

в рецензируемых научных журналах, а один из них, издаваемый Elsevier Publishing «Regulatory Toxicology and Pharmacology» (2016, 81), даже посвятил этим работам целый номер, который выложен в открытый доступ, чтобы все желающие могли ознакомиться с данными.

Причина такой открытости очевидна: из всех химических и физико-химических соображений следует, что при нагреве ниже температуры начала пиролиза табачного листа — а это 400°C, на 50° ниже, чем максимальная температура нагрева «IQOS», — содержание вредных веществ в получаемом при этом паре будет в разы ниже, нежели в дыме сигарет. И речь идет только о том, как велики эти «разы». Опыты, проведенные в исследовательском центре компании, показали, что, скажем, по угарному газу разница с типовой сигаретой с тем же самым количеством никотина будет примерно в сто раз, по нитрозаминам — в среднем в десять раз, по оксидам азота — в пятьдесят, по бензолу и синильной кислоте — в двести раз, по формальдегиду в десять раз, по бенз(а)пирену — это показатель полициклической ароматики — в десять раз. В разы меньше оказалось и неорганики — мышьяка, хрома, свинца, ртути. И лишь содержание глицерина выросло двукратно, поскольку его специально добавляют, видимо, для формирования аэрозоля. Полное число частиц в аэрозоле оказалось таким же, как в дыме, только это были не твердые частицы сажи с налипшими на них канцерогенами, а чистые капельки водяного пара.

*Мануэль Пайтч, главное должностное лицо компании «Philip Morris» по научным вопросам, во время своего визита в Москву подробно рассказал журналистам о составе аэрозоля, образующегося при нагреве табака в «IQOS» и его действии на ткани организма*

Е-сигареты, кстати, показали себя еще менее опасными — у них примерно в те же разы содержание всего вредного меньше, чем у систем нагревания табака. Поначалу, действительно, их аэрозоли бывали сильно загрязнены продуктами деструкции пропиленгликоля, глицерина и ароматических добавок. Видимо, это их поминают бразильские медики в процитированном в начале статьи заявлении. Однако технический прогресс в этой области идет очень быстро. Теперь произошла стандартизация курительных составов, а нагреватели усовершенствовали так, чтобы избежать подобных досадных накладок.

Похоже, публикация подробных данных о свойствах аэрозоля в «IQOS» произвела эффект разорвавшейся бомбы. Противники курения стали отмечать, что, мол, верить корпоративным ученым нельзя, надо бы провести независимые контрольные исследования. Однако финансовые возможности корпоративной и университетской лаборатории несопоставимы. Поэтому сравнивать стали данные простейших опытов — чего и сколько есть в аэрозоле «IQOS». Результаты уже опубликованных измерений конечно же несколько отличаются друг от друга, но качество остается прежним: разница в разы не в пользу сигарет. Видимо, понимая последствия для борьбы с табаком, некоторые университетские исследователи стали помещать при-



*Во время публичной демонстрации процесса курения сигареты и системы нагрева табака «IQOS» было хорошо заметно, что дым от первой значительно грязнее — от него не только чернеет ватный фильтр, но возникают темные отложения в трубочке для подачи дыма*

пски типа, «но это вовсе не означает пропорциональное снижение риска заболевания у пользователя, и поэтому требуются дальнейшие исследования», «нужно набрать статистику использования новых устройств и проанализировать отдаленные последствия». Однако для читающей публики вывод был однозначен — тех страшных последствий, которыми противники курения пугали на протяжении десятилетий, указывая на ежегодные 4,5 млн преждевременных смертей курильщиков, с помощью новых устройств для потребления никотина скорее всего можно избежать. И молодые начитанные люди потянулись к электронным сигаретам, а затем и к системам нагревания табака — их число среди пользователей этих устройств также в разы превышает число старых курильщиков, привыкших к сигарете.

Тем временем оказалось, что «IQOS» и подобные устройства выпали из-под антитабачного законодательства — дыма они не производят, значит, их можно применять в местах, где курение запрещено в целях защиты граждан от табачного дыма. В Канаде их можно открыто выкладывать на прилавок, в Италии они не попали под налоговые меры — акциз для них в два раза меньше, чем для сигарет. Если курительные жидкости для е-сигарет в некоторых странах

подчиняются строгому регулированию фармацевтических препаратов, то табачные капсулы и из него выпадают. А с учетом того, что компании продают сами устройства гораздо дешевле себестоимости, предлагают вернуть деньги за счет продажи расходных материалов, для новых устройств получается крайне благоприятная рыночная ситуация. Более того, «Philip Morris International» подал в американскую Администрацию по еде и лекарствам (FDA) прошение признать «IQOS» устройством курения с пониженным риском. Если такой статус присвоят, уже на законных основаниях можно требовать выведения устройства из-под действия антитабачных запретов. Все это создает весьма печальную перспективу для противников употребления никотина в любом виде.

Однако есть и вторая причина для беспокойства — резкий тон Бразильской медицинской ассоциации и многих подобных документов отнюдь не случаен. Как следует из статистики, новое устройство вовсе не служит для спасения здоровья курильщиков со стажем: оно не помогает им бросить курить; оно кажется недостаточно комфортным. Причин несколько. Например, содержание никотина все-таки несколько меньше привычного, среднесигаретного, оно смещено в сторону слабых сигарет. Затяжки надо делать чаще и глубже, а накуриться с одной капсулы так, как с сигареты, все равно не удастся. И в компании «Philip Morris» признают этот недостаток, отмечая, что переход от сигареты требует месяца два на формирование нового стиля курения, после чего проблемы исчезают. Однако возможно, что главное — отсутствие того



## РАССЛЕДОВАНИЕ

самого дыма, без которого курение, как остроумно подмечают заядлые курильщики, подобно бесплодной мастурбации, а не празднику жизни.

А вот молодежь, которая еще не курила, не имеет сформированных привычек, но старается попробовать все новое, сильно интересуется электронными сигаретами (по устройствам для нагрева табака подробная статистика пока не набрана). Выходит, что, сняв ограничитель в виде гарантированного рака, можно получить резкий рост числа потребителей такого, условно чистого, никотина. Однако сам-то никотин совсем не безвредная субстанция и хоть не канцерогенен, но при постоянном употреблении повышает риск к инфарктов, инсультов и прочих неприятностей сердечно-сосудистой системы. Это дает основание требовать срочного изменения антитабачного законодательства, чтобы оно учитывало новые реалии.

Такую логику борцов с курением понять можно, но вот только аналогичный вред здоровью наносит и распитие спиртных напитков, чреватое привыканием и циррозом печени, и даже потребление сала, способное привести к атеросклерозу, или копченой колбасы, повышающей риск рака или кишечника из-за нитрозаминов и бенз(а)пирена. Если быть последовательным, то надо и это все запретить и потребовать от людей, чтобы они вели аскетичный образ жизни и не позволяли себе излишества. Многовековая безуспешная борьба за аскетизм и, в частности, с курением табака, однако, подсказывает, что среди людей наряду с аскетами неизбежно были, есть и будут те, кто склонен к гедонизму и не собирается отказывать себе в больших и малых удовольствиях. Поэтому потребление никотина, раз уж такая традиция сформировалась, столь же неизбежно, как и потребление алкоголя. И если есть возможность сделать это потребление менее опасным для здоровья, такие шаги надо приветствовать, а не осуждать. И конечно же не ослаблять борьбу за здоровый образ жизни как таковой безотносительно технического прогресса в табачной отрасли.



# Конец эпохи ламантизма?



**О**коло 60 млн лет назад, а может, и несколько позже, сухопутные млекопитающие приступили к освоению водной стихии. Представители разных отрядов, покинувшие сушу в разное время, выработали в сходных условиях сходные адаптации. Их тела приобрели обтекаемую форму, лапы превратились в плавники или ласты, кожа и соединительная ткань стали плотнее. Животные научились не мерзнуть (даже в тропиках температура воды существенно ниже внутренней температуры тела млекопитающего), выдерживать огромное давление глубин и долгое время обходиться без кислорода. В общем, морские млекопитающие — классический пример конвергенции, которую изучают зоологи, физиологи и биохимики.

В конвергентной эволюции участвовали сотни генов, которые у разных видов могут и различаться. Определением этих генетических последовательностей и произошедших в них изменений заняты сейчас даже не генетики, а специалисты в области системной и компьютерной биологии, которая потихоньку теснит традиционную.

Конвергентную эволюцию на молекулярном уровне несколько лет изучают специалисты Питтсбургского университета (США). Сравнивая геномы разных водных, полуводных и сухопутных видов, исследователи определяют, какие гены в процессе эволюции морских млекопитающих изменялись быстрее, чем геном в целом. Именно эти гены определили современный облик животных.

Смена условий обитания обычно сопровождается не только приобретением новых признаков, но и утратой старых, причем не все потери оказались адаптивными. Недавняя работа питтсбургских ученых посвящена конвергенции потерь («Science», 2018; doi: 10.1126/science.aar7714).

Исследователи анализировали геномы китообразных, ластоногих и сирен. Современные китообразные произошли от

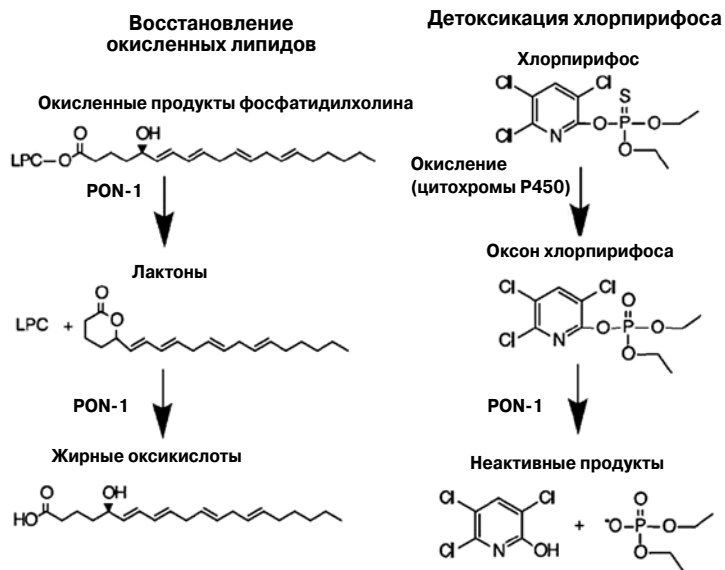
всеядных копытных — мезонихид, более плотоядных, чем кабан, но менее плотоядных, чем медведь. Эти животные формой тела напоминали тапиров, капибар или свиней и отлично плавали. Предки китообразных первыми покинули сушу. Питтсбургские исследователи называют временной интервал 44,7—37,3 млн лет назад, согласно другим данным, это произошло более 60 млн лет назад («Encyclopedia of Ocean Sciences», 2018; doi:10.1016/B978-0-12-409548-9.11211-4).

Чуть позже в море двинулись другие копытные, Tethytheria, предки современных сирен. Сейчас этот отряд включает один вид дюгоней и три вида ламантинов. Все они обитают в тропических и субтропических водах. Дюгони питаются морской травой, а ламантины — разными пресноводными растениями. Еще недавно дюгоневые водились и в Арктике: морская стеллерова корова кормилась бурыми водорослями, однако мореплаватели ее истребили.

И наконец, ластоногие — потомки наземных хищников. Относительно их происхождения единого мнения пока нет. Приверженцы одной школы, опираясь на биогеографические и палеонтологические данные, полагают, что морские львы, морские котики и моржи имели общих предков с медведями, а настоящие тюлени в тесном родстве с ласками. Представители другой школы, молекулярной, убеждены, что у всех ластоногих предок был общий. Ластоногие покинули сушу позже всех, не более 30 млн лет назад. В отличие от китообразных и сирен, они выбираются на берег.

Сравнив геномы 58 видов млекопитающих, в том числе пяти морских видов, ученые проанализировали более 18 тысяч кодирующих генов и определили мутантные последовательности, утратившие функции у всех морских млекопитающих.

Анализ показал, что чаще всего портятся гены обонятельных и вкусовых рецепторов. Эти теоретические выводы согласуются с экспериментальными данными. У морских млекопитающих



Параоксоназа 1 в крови сухопутных млекопитающих восстанавливает окисленные липиды и обезвреживает фосфорорганические соединения. LPC — лизофосфатидилхолин

действительно плохое обоняние. Известно, что у китообразных слабо развит вкус, у ламантинов и ластоногих ситуацию уточняют.

У многих морских видов испорчены гены, регулирующие транспорт веществ в клетках слизистой желудка, ферментативную активность слюнных желез и проницаемость клеток кишечника для воды («Science», 2013; doi: 10.1126/science.1234192).

А еще у морских млекопитающих обнаружили конвергентную потерю гена параоксоназы 1 (PON1). Это фермент антиоксидантной защиты, он расщепляет продукты окислительного стресса, а именно лактоны (внутренние циклические сложные эфиры гидроксикислот, содержащие в кольце группу —C(O)O—). В крови сухопутных млекопитающих PON1 восстанавливает окислительные повреждения липидов в составе липопротеинов низкой плотности, потенциально защищая стенки сосудов от образования атеросклеротических бляшек (см. рисунок). Кроме того, фермент гидролизует оксоновые формы некоторых фосфорорганических соединений, в том числе хлорпирифос-оксон.

Хлорпирифос (О-(3,5,6-трихлор-пиридил-2)-О,О-диэтилтиофосфат) — пестицид, который под разными торговыми марками используют с 1965 года примерно в 100 странах. В организме его окисляет цитохром P450, и соединение превращается в нейротоксин хлорпирифос-оксон. Он фосфорилирует ацетилхолинэстеразу — фермент, расщепляющий нейромедиатор ацетилхолин (рис. 1). Когда ацетилхолинэстераза теряет активность, ацетилхолин накапливается в синаптической щели, что приводит к судорогам и параличу.

Хлорпирифосом травят многих насекомых: тараканов, вредителей хлопчатника, кукурузы, миндаля и фруктовых деревьев. У насекомых нет гена *Pon1*, и защититься им нечем. К сожалению, препарат ядовит для земноводных, рыб и пчел. У наземных позвоночных PON1 работает, поэтому хлорпирифос для них токсичен умеренно. С начала века применение этого препарата ограничивают, однако все еще используют достаточно широко. А теперь оказалось, что у морских млекопитающих нет от него никакой защиты. У китообразных, ластоногих и сирен последовательность *Pon1* испорчена.

Чтобы убедиться в этом, ученые проверили состояние гена *Pon1* еще у 14 видов млекопитающих, в том числе у трех китообразных, дюгоня и двух ластоногих. По-видимому, у китообразных и сирен ген потерял функциональность очень давно. Что касается ластоногих, *Pon1* испортился только у предста-

вителей семейства настоящих тюленей: тюленей Уэддела и гавайских тюленей-монахов, причем к потере функции у них привели разные мутации. У моржей и ушастых тюленей последовательность гена в порядке.

Все-таки выводы об активности фермента нужно делать на основании эксперимента, а не анализа последовательности ДНК. Ученые проверили ферментативную активность плазмы крови шести морских и полуводных видов: бутылконосого дельфина, ламантина, морского льва, морского слона, моржа и бобра. Их сравнивали с сухопутными видами: овцой, козой, хорьком, крысой, мышами дикого типа и мутантными, с нокаутированным геном *Pon1*. Плазма морских видов не обезвреживала хлорпирифос, как и плазма мутантных мышей. Исключение составляет только морж, но активность фермента у него много слабее, чем у наземных видов.

Почему PON1 у большинства морских млекопитающих пришел в нерабочее состояние, ученые не знают, хотя предполагают, что утрата функциональности может быть связана с различиями в метаболизме липидов и антиоксидантной активности. Морские млекопитающие живут в режиме повторяющейся ишемии/реперфузии. При погружении кровью снабжаются только мозг, глаза и сердце. В мышцы кровь почти не поступает, но они содержат много миоглобина, который связывает кислород. Кожа и органы брюшной полости в это время испытывают недостаток кислорода. Когда животное выныривает, кровоснабжение восстанавливается. Такой режим вызывает сильный окислительный стресс, но млекопитающих спасает высокое содержание внутренних антиоксидантов, в том числе глутатиона и ферментов каталазы, супероксиддисмутазы, глутамат-цистеин лигазы и некоторых других. При этом у млекопитающих, ныряющих неглубоко и ненадолго, и у тех, которые погружаются на значительные глубины, работают разные ферменты антиоксидантной защиты. Кстати, параоксоназа 1 при окислительном стрессе легко повреждается («Chemico-Biological Interactions», 2016; doi: 10.1016/j.cbi.2016.05.036) и вряд ли смогла бы защитить липиды от окисления.

В поддержку антиоксидантной гипотезы можно сказать, что тюлени Уэддела, утратившие функцию гена, одни из самых долгоныряющих ластоногих. Они могут находиться под водой более часа, причем ныряют на 400—600 м. А тюлень Росса и морж ныряют плохо и сохранили ген. Однако два полуводных вида, морская выдра и бобр, которые ныряют еще хуже, также имеют испорченный PON1.

Какой бы ни была причина, морские млекопитающие оказались беззащитны перед фосфорорганическими пестицидами. PON1 — единственный фермент, способный их обезвредить. Особое беспокойство вызывают ламантины, которые живут бок о бок с сельскохозяйственными землями. Во Флориде, например, фосфорорганические соединения в сельском хозяйстве используют повсеместно. Вместе со стоками они попадают в среду обитания ламантинов *Trichechus manatus latirostris*. В одном из таких мест, в округе Бревард, обитает до 70% ламантинов восточного побережья Флориды. А дюгоны, живущие у побережья Австралии, могут отравиться пестицидами, которые используют на плантациях сахарного тростника в Квинсленде. Фосфорорганические пестициды накапливают морские беспозвоночные и рыба, которыми питаются хищные морские млекопитающие.

Конвергентные изменения не всегда адаптивны. Примером может служить плохое обоняние у морских млекопитающих — пользы от его утраты никакой. Кроме того, то, что хорошо или безразлично для одних условий, может быть вредным для других, поскольку один ген обычно влияет на несколько признаков. Вот и отсутствие фермента, которое миллионы лет не доставляло морским млекопитающим никаких хлопот, неожиданно стало для них смертельно опасным.

**Н. Анина**

# Чего Марс ждет от Венеры? А Венера — от Марса?



Кадр из фильма «Женщина года»

Кандидат  
социологических наук  
**К.Д. Пипия,**  
Левада-центр

Отношения между людьми во многом являются следствием наших «установок», то есть ожиданий. Как себе представляют идеального мужчину — мужчины и женщины, идеальную женщину — женщины и мужчины? Как все эти четыре представления изменяются с возрастом? С семейным положением? С образованием? На эти вопросы есть ответы.

## Гендерная социология

Сегодня практически не встретишь популярную в советское время формулировку «половой вопрос», которую применяли, в частности, для описания правил семейной жизни. Мало кто сейчас помнит о существовании «двенадцати половых заповедей революционного пролетариата» для воспитания молодежи. Представители социальных наук ввели специальный термин «гендер», чтобы показать, что отличия в биологическом поле, являющиеся предметом естественных наук (медицины, биологии, физиологии), не всегда определяют отношения между мужчинами и женщинами в социокультурной сфере. Биологический пол не всегда соответствует гендерной принадлежности — существуют особые группы, например — трансгендеры, транссексуалы, чайлдфри и другие. А представители агендерного сообщества вовсе подвергают сомнению гендерную бинарность, не относя себя ни к какому полу и считая, что деление на мужские и женские роли навязывается обществом.

Отношения между индивидами во многом являются следствием установок, существующих в обществе и относящихся к деятельности людей. Американские социологи Флориан Знанецкий и Уильям Томас первые предложили термин «установка» (attitud). В их понимании социальная установка означает состояние переживания индивидом ценности, значения или смысла социального объекта, которое определяется

внешними, то есть локализованными в социуме, условиями, а не физиологией человека. Мужчина уверен, что он должен кормить семью, а девушка уверена, что она должна выйти замуж. Они не родились с такими представлениями, а в процессе социализации стали разделять коллективные установки и модели поведения, которые предписывают поступать мужчинам или женщинам подобным образом. Впрочем, установки трансформируются под влиянием настроений, интересов и социальных процессов. Исследователи до сих пор дискутируют о влиянии установок на реальное поведение людей — в какой мере установки переходят в действия?

Одно из самых интересных направлений в гендерной социологии — изучение гендерных стереотипов, под которыми понимаются массовые, упрощенные, устойчивые представления о мужчинах и женщинах, а также их социальных ролях, например, жены или мужа, матери или отца. Наиболее распространенный метод исследования — массовый опрос. Он может считаться репрезентативным, то есть представляющим мнения, например, всех граждан страны, если была опрошена репрезентативная выборка, своего рода модель общества в миниатюре. Это ситуация, когда отбор респондентов произведен с учетом их социально-демографических характеристик: пола, возраста, образовательного уровня и некоторых других — так, чтобы по этим параметрам выборка совпадала с реальной структурой общества. Опрос методом личного интервью, о результатах

которого речь пойдет далее, соответствует этим требованиям, репрезентируя совершеннолетних российских мужчин и женщин; объем выборки — 1600 человек.

Левада-центр задает вопрос о качествах мужчин и женщин, наиболее ценных с точки зрения россиян, начиная с января 1993 года. Результаты опроса за март 2018 года демонстрируют, что за прошедшие двадцать пять лет существенных изменений в гендерных портретах россиян не произошло.

Участникам опроса (и мужчинам, и женщинам) предлагался список качеств, среди них они должны были выбрать, какие они более всего ценят в мужчинах или женщинах; список качеств для обоих полов был идентичен. Среди самых ценных качеств у мужчин по-прежнему лидируют «ум», «умение зарабатывать» и «порядочность», а у женщин — «хозяйственность» и «хорошая внешность». Однако видно некоторое снижение популярности морально-нравственных качеств («порядочности» и «верности»), что согласуется с общим снижением обеспокоенности проблемой морали в обществе. Если в 1997 году четверть совершеннолетнего населения отмечала среди проблем, которые тревожат, «кризис морали и нравственности», то сейчас их доля составляет порядка 15%.

## Гендерная специфика

Если обратиться к различиям во мнениях мужчин и женщин, то можно увидеть, что ценимые качества в представителях обоих полов кардинальным образом отличаются, то есть в общественном мнении строго очерчены мужские и женские качества (рис. 1, 2).



1  
Каким должен быть мужчина



2  
Какой должна быть женщина



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Несмотря на то, что притязания мужчин и женщин относительно представителей своего пола в целом совпадают с представлениями пола противоположного, видны и различия. Например, мужчины чаще женщин ценят в мужчинах «стремление к успеху» (21% против 15%), «независимость» (16% против 6%) и «организованность» (16% против 12%). Женщины, в отличие от мужчин, чаще хотели бы видеть представителей сильного пола «верными» (32% против 13%), «заботливыми» (25% против 10%), «хозяйственными» (22% против 16%) и «порядочными» (39% против 35%). Получается, что свою основную роль в обществе российские мужчины ограничивают профессиональной сферой, предъявляя к соотечественникам соответствующие требования: «умение зарабатывать», «успешность» и «организованность». Напротив, женщины хотели бы разделить с мужчинами обязанности по дому и семье, требуя от них большей «хозяйственности» и «заботливости».

В самих себе женщины чаще мужчин ценят «ум» (29% против 21%), «умение сопротивляться невзгодам» (12% против 7%) и «организованность» (10% против 5%), что свидетельствует о продолжающейся эмансипации в среде российских женщин, отстаивающих свое право на карьеру и конкуренцию с мужчинами. Мужчины чаще отмечают в женщинах телесные качества: «хорошую внешность» (36% против 28%), «сексапильность» (14% против 7%), «темперамент» (10% против 5%). При этом они так же, как и женщины, уделяют большее внимание противоположному полу с точки зрения «верности» (35% против 25%). Таким образом, для российских мужчин сексуальность женщины во многом важнее ее умственных или профессиональных качеств. Выражение «а поговорить?» из известного анекдота мужчинами к женщинам не применяется, вернее, начинает применяться с возрастом.

## Влияние возраста

Чем моложе человек, тем больше он ценит в противоположном поле внешнюю привлекательность. Что вполне логично, учитывая добрый период жизни, в рамках которого происходит поиск второй половины. Общественная статистика свидетельствует о том, что возраст вступления в брак постепенно повышается; сегодня, по данным Росстата, средний возраст вступления в первый брак в России составляет для мужчин — 27,8 лет, для женщин — 24,5 лет. В молодости, когда ценностно-моральная структура не вполне сформирована, происходит обращение к первобытному, бессознательному, антропологическому принципу продолжения рода: чем красивее потенциальный партнер, тем он здоровее, а следовательно, способнее к продолжению рода. Уверены в том, что милотовидность — это важное качество, и сами женщины. Так, молодые россиянки в возрасте от 18 до 30 лет чаще отмечают, что женщина должна иметь «хорошую внешность» и «легкий характер».

Молодежь до 30 лет (как мужчины, так и женщины) чаще ценит в мужчинах материальные качества: «стремление к успеху» и «умение зарабатывать». Это отчасти определяет брачные стратегии обоих полов и влияет на откладывание момента вступления в брак по причине финансовой несостоятельности. Мужчины пытаются стать успешными, в то время как женщины не спешат

вступать в брак, подыскивая того, кто сможет прокормить. Выводы социологов о росте ценности материального в современном обществе не преувеличены: в 2010 году среди всех возможных вариантов, от которых россияне могут получать радость и удовольствие, самым популярным выбором стали «хорошие деньги», которые обогнали досуг с семьей и детьми, занятие любовью, путешествия и многое другое.

С возрастом, независимо от гендерной принадлежности, в мужчинах и в женщинах начинают больше цениться такие качества, как «порядочность» и «хозяйственность». Мужчины с возрастом чаще начинают ценить в женщинах «ум» и «хозяйственность», что указывает на рационализацию выбора по мере взросления и накопления жизненного опыта. Если в молодости они готовы довольствоваться одной красотой, то в более зрелом возрасте этого становится недостаточно — в женщине хотят видеть интересную собеседницу и хорошую хозяйку.

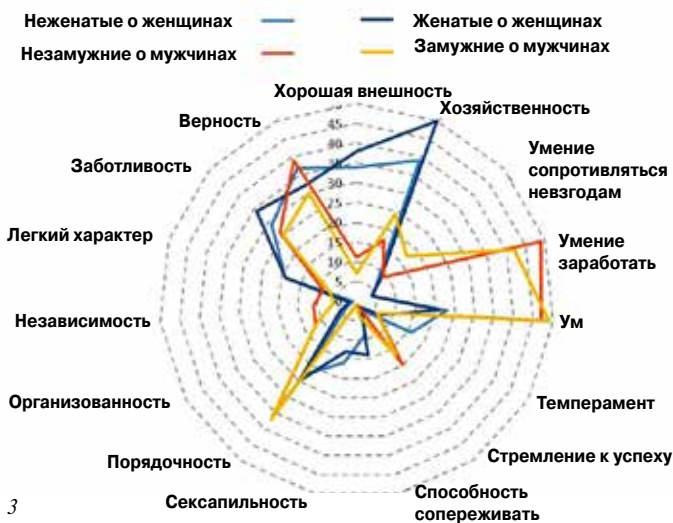
Даже постсоветское поколение российских женщин в массе своей не стремится к финансовой независимости, самостоятельности и успешности, преимущественно ограничивая ролевые модели женщины семейной сферой, получающей «хозяйственности» и «заботливости» с ее стороны. Получается, что со сменой поколений образ идеальной женщины в России, ограниченный ролью красивой жены и хорошей хозяйки, практически не изменился.

В конце 80-х годов прошлого века отечественный социолог Ю.А.Левада считал, что на смену советскому простому человеку придет носитель других социально-психологических и культурных черт. Однако исследование в девяностых — начале двухтысячных годов, проведенные под его руководством, показали, что многие установки, свойственные гражданину СССР, были унаследованы и в новой жизни.

## Семейное положение

Образ «настоящей» женщины или «настоящего» мужчины может дифференцироваться в зависимости от семейного статуса респондентов, поэтому анкета исследования включала вопрос о семейном положении. Мужчины и женщины были разделены на две подгруппы, за исключением вдовствующих и разведенных: тех, кто состоит в семейных отношениях, и тех, кто не состоит в зарегистрированном браке.

Мнение семейных людей (рис. 3) полностью воспроизводит представление о традиционном разделении ролей в гетерогамной семье, в которой женщина отвечает за ведение быта и хозяйства, а мужчина обеспечивает семью. Так, каждый второй женатый российский мужчина больше всего ценит в женщине такое качество, как «хозяйственность» (среди холостяков таких меньше — 39%). В свою очередь 42% российских замужних женщин считают, что мужчина должен «уметь зарабатывать».



Однако в данном случае семейный статус у женщин существенным образом не влияет на иерархию самых ценных мужских качеств («ум» и «умение зарабатывать»), в отличие от мужчин, среди которых семейное положение значимо дифференцирует желаемый образ женщины. Для холостяков равноценно, чтобы женщина была и «хозяйственной», и «внешне привлекательной» (39% против 34% соответственно). Женатые мужчины более рациональны — среди них представление о том, что спутница должна быть «хозяйственной», значимо важнее ее миловидности (50% против 38% соответственно). Холостяки чаще ищут в женщинах «темперамент», а женатые мужчины хотят видеть в своей половине «способность к сопереживанию» и «заботливость», что указывает на краткосрочность стратегий первых, подразумевающих несерьезные добрачные отношения, и «комфортную долгосрочность» вторых, то есть семейные отношения.

Замужние женщины чаще считают, что их мужчина должен «уметь сопротивляться невзгодам» (17% против 9% соответственно), а свободные девушки чаще ценят в противоположном поле «верность» и «независимость».

Одним из наименее популярных качеств среди обоих полов стала «сексапильность», причем у женщин из обеих подгрупп ее отмечали всего по 1%, а среди мужчин порядка 13—16% опрошенных. Это указывает на табуированность темы секса в обществе, декларативно вынесенной из ценностной структуры.

## Женские роли

Однако когда речь заходит не об абстрактной женщине, а о женщине с учетом ее социальной роли, мнение респондентов становится более содержательным и определенным. Главным качеством для «идеальной любовницы» две трети российских мужчин и половина российских женщин называют «сексапильность», которая опережает «хорошую внешность». На третьем месте по популярности — «темперамент». Вполне понятный характер отношений с любовницей исключает из них качества, характеризующие крепкие, долгосрочные, как правило, семейные отношения: «умение сопротивляться невзгодам», «хозяйственность», «способность сопереживать», «заботливость» (рис. 4, 5).

Напротив, образу хорошей жены и матери не свойственны такие качества, как «сексапильность», «темперамент» и «хорошая внешность», которые уступают первенство «заботливости», «хозяйственности», «верности» и «уму». Интересно, что мужчины, состоящие в браке, чаще своих холостых соотечественников отмечают, что жена должна «уметь сопротивляться невзгодам» и «сопереживать», то есть делать все, чтобы семейная лодка не разбилась о быт. Стоит отметить, что основная причина серьезных семейных ссор — это нехватка денег, которую указал каждый третий совершеннолетний россиянин в опросе 2016 года (на втором месте — отсутствие взаимопонимания, а замыкают тройку — споры по поводу распределения домашних обязанностей).

Поэтому неудивительно, что женатые мужчины, окунувшиеся в семейную жизнь, в два раза чаще своих холостых коллег хотели бы видеть у любовницы «легкий характер», что позволяет трактовать возможную неверность как уход от семейных неурядиц и проблем. Каждый пятый совершеннолетний россиянин считает допустимым иметь кого-то на стороне, причем мужчины в два раза чаще женщин одобряют измены (34% против 16%), хотя большинство выражает неодобрение подобному поведению. Жаль, что в рамках опроса нельзя проверить верность семейных людей — некоторые будут уходить от ответа или давать социально-одобряемый ответ. На табуированность темы сексуальных отношений в нашем обществе указывает и отказ от ее обсуждения со своими детьми и внуками (это делает только каждый десятый россиянин), хотя в странах Запада сексуальное воспитание молодежи — обыденность.



4  
Соответствие женских качеств женским ролям (с точки зрения мужчин)



5  
Соответствие женских качеств женским ролям (с точки зрения женщин)

Ранее мы отмечали, что «успешность» и «умение зарабатывать», по мнению россиян, должны характеризовать скорее мужчин, чем женщин, но эта установка меняется в отношении женщины-коллеги. 63% мужчин и 59% женщин считают, что она в первую очередь должна быть «умная», а также «организованная» (42% и 46% соответственно) и «успешная» (39% и 46%). Переформулируя известную поговорку о том, что «не место красит человека, а человек место», можно сказать — «не человек определяет социальную роль, а социальная роль определяет человека». Одни роли становятся желаемыми и референтными для большинства, другие, напротив, выносятся на периферию социальной жизни, а их обладатели подвергаются стигматизации (например, маменькины сынки, к которым часто относят неуспешных мужчин без жены и денег, или старые девы, не соответствующие представлению о том, что женщина в течение жизни обязательно должна выйти замуж).

## Влияние образования

Оказалось, что наличие высшего образования у женщин делает их более требовательными к противоположному полу, в отличие от мужчин с высшим образованием, для которых умная женщина все равно менее предпочтительна, чем хозяйственная и верная.

Женщины с высшим образованием чаще ценят в мужчинах коммерческую жилку — умение зарабатывать и стремиться к успеху. Женщины с профессиональным образованием и

ниже чаще обращают внимание на «хозяйственность» мужчин. Значительная часть из них проживает в малых городах и селах, соответственно, в частном секторе, где востребован ручной труд: ремонт дома, уход за садом и огородом. Примечательно, что для мужчин с образованием ниже среднего «хорошая внешность» женщины также значима, как и «заботливость» с ее стороны.

Мужчины и женщины с высшим образованием несколько чаще отмечают «верность» как ценное качество у противоположного пола, указывая на большее давление со стороны коллективных представлений об обязательной моногамности в отношениях с партнером. Чем образованнее человек, тем он осведомленнее об общественных нормах, призванных демонстративно, что хорошо, а что плохо (например, изменять). Соответственно, тем выше уровень декларативной конформности, когда индивид, понимая общественную ценность тех или иных норм, выражает им полное одобрение, но может им не следовать. Самый яркий пример — отношение к курению. Большая часть россиян считает, что курить вредно, и поддерживает запреты на курение в общественных местах, при этом практически каждый второй совершеннолетний соотечественник курит с той или иной степенью регуляризации.

## Заключение

Таким образом, представления женщин и мужчин друг о друге в России носят стереотипный характер, согласно которому главные роли женщины ограничиваются женой и матерью (красивой, хозяйственной и заботливой), а роль мужчины концентрируется вокруг профессионального становления и зарабатывания денег. В целом эти представления друг о друге в среде мужчин и женщин совпадают. С возрастом и опытом семейной жизни такая жесткая категоризация на мужские и женские социальные роли (а соответственно, и обязанности) ослабляется, и мужчины чаще желают, чтобы женщины вели себя как сильный пол — проявляли мудрость и были опорой, а женщины начинают ценить мужчин за помощь по дому и моральные качества. В структуре гендерных представлений деньги играют значимую роль, от которых зависит как брачное поведение (поиск успешного и финансово состоятельного партнера), так и семейная жизнь (ссоры из-за нехватки денег как потенциальная причина измен). Образованием — важный фактор формирования гендерных предпочтений для женщин. Получив высшее образование, они становятся более требовательными к противоположному полу. Мужчины же вне зависимости от уровня образования предпочитают хозяйственных и красивых женщин умным (ум в женщинах они начинают ценить с возрастом).

Размышляя о будущем гендерных стереотипов, следует понимать, что мир не стоит на месте и технический прогресс в той или иной мере влияет на далекие от него социокультурные установки, включая отношения между мужчинами и женщинами. Интернет и социальные сети представляют новые возможности для обоих полов. Женщины могут проявлять больше самостоятельности от мужчин, зарабатывая, например, ведением блога или инстаграмма, а мужчины, ориентированные на отношения без обязательств, могут знакомиться с девушками в Сети, минуя брак. В Японии выросло целое поколение мужчин, которые отказываются от отношений с реальной девушкой в пользу отношений с виртуальной спутницей, не требующей соблюдения общественных норм и полностью соответствующей их представлениям об идеальной женщине (там такой тип поведения часто называют «тайдзин кёфусё», или «болезнь боязни межличностных отношений»). Говорят, что Япония — это страна будущего, но насколько виртуальные отношения в России вытеснят реальные с соответствующими им гендерными стереотипами (если это произойдет), нам еще предстоит узнать.





Усадьба Монтичелло.  
Наши дни

# Секрет президента Джефферсона

**Е. Клещенко**

## Сестра его жены

Томас Джефферсон (1743—1826), третий президент США, один из «отцов-основателей» этого государства, главный автор Декларации независимости, ученый, архитектор, писатель, философ — человек в высшей степени незаурядный. Отношение к нему в Америке благоговейное, что, собственно, и стало причиной расследования. Если б героем этой истории был человек

*В этом году исполняется 20 лет сразу двум секс-скандалам с участием президентов США. История о Билле Клинтоне с Моникой Левински широко освещалась в мировой прессе, а вот о Томасе Джефферсоне и Салли Хемингс — и, самое главное, о том, какую роль в раскрытии дела трехсотлетней давности сыграл анализ ДНК, — писали сравнительно мало. Мы предлагаем вниманию читателей отрывок из новой книги Елены Клещенко, которая готовится к выходу в свет в будущем году.*

меньшего масштаба, общественность, возможно, не так волновалась бы.

Как всем известно, Джефферсон был противником рабства. В 1807 году, во время второго срока его президентства, депутаты от северных штатов внесли в Конгресс предложение о запрете работорговли. Президент это предложение поддержал, южные штаты резко осу-

дили, в итоге было принято решение о запрете работорговли на федеральном уровне (но если раба ввозили контрабандой на территорию штата, на него распространялись законы данного штата, так что искоренить рабство не получилось). В том же 1807 году Джефферсон подписал билль о запрете ввоза новых рабов в США.



Томас Джефферсон (1786). Художник Мэзер Браун

При этом его личное отношение к черной расе было противоречивым. Так, в возрасте семидесяти одного года он написал в частном письме, что «смешение» чернокожих и белых «приводит к деградации, на которую никто из любящих свою страну, никто из любящих передовой опыт в человеческом характере не может согласиться без чувства вины». Шестью годами позже в своей неоконченной биографии Томас Джефферсон выражается еще определеннее: «Нет ничего более точно написанного в книге судеб, чем то, что эти люди должны быть свободными; и не менее верно, что две расы, равно свободные, не могут жить в одной державе».

Сам Джефферсон был одним из крупнейших плантаторов штата Вирджиния и владельцем нескольких сотен рабов.



Плантации он унаследовал от отца и тестя. Освободить рабов не удалось из-за долгов, к тому же Джефферсон понимал, что рабам нельзя просто так сказать «идите, свободны», из этого ничего хорошего не выйдет — им надо дать ремесло, средства к существованию. Освободил он всего нескольких (далее расскажем, при каких обстоятельствах), а после его смерти 130 человек пришлось продать, чтобы уплатить долги.

Джефферсон был женат на своей троюродной сестре Марте Уэльс Скелтон — музыкальной, образованной, начитанной и остроумной женщине, нежно привязанной к нему. У них было шестеро детей (до зрелых лет дожила только одна дочь, ее звали Мартой, как и мать). Марта Уэльс Джефферсон умерла рано, в 1782 году. Томас Джефферсон всю жизнь помнил и чтит просьбу умирающей жены, которая натерпелась от своих махех и просила его больше не вступать в брак. Жизнь с Мартой он описывал как «десять лет безудержного счастья», смерть ее переживал очень тяжело. Ему было тогда 39 лет. Так что же Салли Хемингс?

Салли была не просто рабыней, а единокровной сестрой госпожи — дочерью тестя Джефферсона, Джона Уэльса, и его рабыни — мулатки Бетти Хемингс. Четверть африканской крови, три четверти белой — квартеронка, такая же, как ее современница и почти ровесница с совершенно иной судьбой, la belle negre Надежда Осиповна Ганнибал, мать Пушкина. Портретов Салли не сохранилось, но те, кто бывал у Джефферсона в его усадьбе Монтичелло, описывали ее как привлекательную, почти совершенно белую женщину с прекрасными длинными прямыми волосами.



Жена Джефферсона и их дочь Марта



## РАССЛЕДОВАНИЕ

У Бетти Хемингс, дочери африканской рабыни и капитана английского торгового судна, Салли была десятым ребенком, шестеро младших родились от хозяина. Салли, самая младшая, — вероятно, в 1773 году. Всех Хемингсов Джефферсоны вместе с другим имуществом получили в наследство после смерти отца Марты. Семейство Бетти занимало в поместье Монтичелло привилегированное положение. Дети были слугами в доме или обучались ремеслам, ни один из них не работал на полях. Бетти в последние годы жизни имела собственный домик в поместье, выращивала овощи, кур и поставляла их на кухню за деньги.

В 1785—1789 годах Джефферсон был посланцем Америки во Франции, которая охотно оказывала помощь бывшей британской колонии. (Кстати, по поводу абсолютной и безусловной верности Джефферсона покойной жене, на которой настаивают его современные поклонники, — в Париже он влюбился в англичанку Марию Косуэй, замужнюю даму и католичку, то есть браком этот роман закончиться не мог. Впрочем, переписка между ними продолжалась и много лет спустя.) С ним была старшая дочь Марта. Джефферсоны взяли с собой в Париж некоторых рабов, в том числе и старшего брата Салли Джеймса, который выучился там на повара. Младшие дочери остались в Америке на попечении родственников, но, когда одна из них, Люси, умерла от коклюша, в 1787 году Джефферсон вызвал к себе вторую дочь, Марию. С девочкой в Париж поехала четырнадцатилетняя Салли Хеммингс. Абигайл Адамс, супруга Джона Адамса, будущего второго президента США, на тот момент посла в Великобритании, удивилась молодости и беспомощности «няни». (Черная женщина постарше, более подходящая для этой роли, внезапно оказалась беременной и путешествовать не могла. Иногда создается впечатление, что в эту эпоху половина человечества была беременной постоянно.)

Салли прожила с Джефферсонами в Париже около двух лет и к моменту возвращения ждала ребенка; как считали

все — от хозяина. Примечательно, что во Франции после революции 1789 года рабство было отменено, Салли (как и другие рабы) могла уйти от Джефферсонов, стать свободной, и никто бы ей не препятствовал. Это теоретически, а практически — куда пошла бы беременная шестнадцатилетняя девочка без денег и без знания языка? А дома, в Монтчелло, ее ждала большая дружная семья. Тем не менее хозяину пришлось ее уговаривать, обещать особые привилегии и свободу для ее детей по достижении совершеннолетия. (Все эти детали истории приводят по рассказам одного из сыновей Салли, Мэдисона. Сама она не оставила никаких записок, и даже неизвестно в точности, была ли она грамотной.)

Первый ребенок Салли умер вскоре после возвращения в Америку. Но с 1795 по 1808 год у нее родилось еще шестеро детей. Двое из них тоже умерли рано, а дочь Хэрриет и сыновья Беверли, Мэдисон и Эстон благополучно выросли. О рождении каждого из них Джефферсон собственноручно сделал записи в Фермерской книге Монтчелло; вопреки обыкновению, отец в этих записях не указан.

## Домашние слуги, свободные цветные, почти белые

Салли все жизнь работала в большом доме, дети были при ней и тоже выполняли легкую работу. По воспоминаниям современников, бывало, что гости усадьбы теряли нить застольной беседы, заметив поразительное сходство мальчишки-слуги с хозяином (однако случай именно этого мальчишки впоследствии оказался сомнительным, о чем мы еще поговорим). В четырнадцать лет — довольно поздно, по тогдашним понятиям, — девочку начали учить прясть и ткать, мальчиков — столярному делу. Конечно, никто не ожидал, что детям рабыни будут преподавать Тацита и геометрию. Впрочем, Беверли, Мэдисон и Эстон учились играть на скрипке (скрипкой увлекался сам Джефферсон). Тем, кто сейчас собрался осудить ужасы американского рабовладения, напомним, что по нашу сторону Атлантики, в другой великой державе в те же годы происходило примерно то же самое, разве что крепостники и крепостные принадлежали к одной расе. И семейные истории были не менее сложными, и противники крепостного права, как правило, сами имели рабов: систему, в которой родился, сломать трудно. Остается делать «малые хорошие дела» с постоянной оглядкой на общество.

В 1822 году Беверли Хемингс «сбежал» из Монтчелло, и никто его не

ловил. За ним последовала Хэрриет — люди вспоминали, что ей дали 50 долларов (изрядная сумма по тем временам) и посадили на дилижанс, идущий на север. Официально или неофициально, Джефферсон освободил всех детей Салли, а также ее старших братьев Роберта и Джеймса. Никаких документов об освобождении самой Салли не найдено, и в описи имущества после смерти Томаса Джефферсона она фигурирует как «старуха ценой в тридцать долларов» (старухе было 53 года). Однако его законная дочь и наследница Марта дала Салли «ее время» — эвфемизм для неофициального освобождения. Последние девять лет, до своей смерти в 1835 году, Салли жила недалеко от Шарлотсвилля с двумя младшими сыновьями. Во время переписи 1833 года всех троих записали свободными людьми.

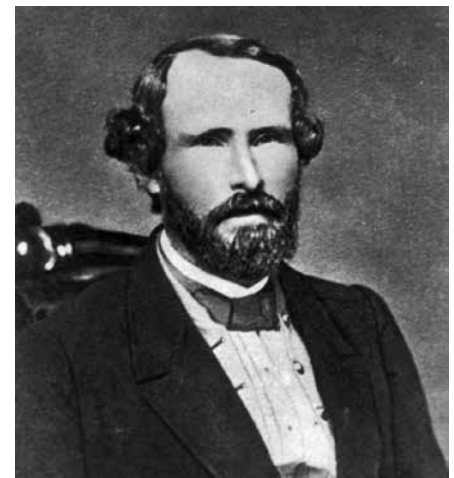
Конечно, политические враги Джефферсона не могли пройти мимо этой истории. О том, что у него есть дети от рабыни, впервые написал журналист Джеймс Каллендер, обиженный на Джефферсона за отказ дать ему должность почтмейстера, в 1802 году. Просвещенные люди и тогда осуждали обычай сожительствовать с рабынями и считать родившихся детей рабами. О Томасе Джефферсоне и его «черной Сал» высказались все желающие во всех жанрах, от пафосных обличений до похабных баллад (образец политической сатиры можно видеть на рисунке). К чести президента, это никак не отразилось на жизни Хемингсов в Монтчелло. Но возможно, именно это навеяло ему горькие размышления о невозможности двум расам жить вместе.

Сам Джефферсон никогда публично не комментировал обвинений. Однако в 1850-х годах его старший внук Томас Джефферсон Рэндольф заявил, что отцом детей Салли был Питер Карр, племянник президента со стороны сестры, чем и объясняется разительное сходство светлокожих детей-рабов с Джефферсонами. Это мнение господствовало в исторической науке следующие полтора века. Отцом детей Салли называли также брата Питера, Сэмюэля Карра.

Трое из четверых выживших детей — Беверли, Хэрриет и Эстон — стали членами белого сообщества в северных штатах, да они и были белыми на семь восьмых. Семья Мэдисона, однако, продолжала отождествлять себя с черной общиной. Беверли и Хэрриет оба вступили в брак в Вашингтоне, округ Колумбия. Про Хэрриет точно известно, что у нее были дети. Больше сведений у историков про Эстона и Мэдисона. Оба они женились на свободных цветных женщинах, после смерти матери пере-

ехали в Чилликоте, в свободный штат Огайо. Позднее Эстон Хемингс уехал в Мэдисон, штат Висконсин, чтобы быть подальше от охотников за рабами — в то время даже юридически свободного цветного могли похитить, оформить как беглого и отправить в южные штаты, в рабах отчаянно нуждавшиеся. Там он изменил фамилию на Джефферсон, ту же фамилию носили его дети и дети их детей. Как мы увидим далее, не все они знали о своем происхождении от президента. Можно сказать, что потомки Салли обитали в некоем лимбе, в серой зоне на границе между историей, мифом и безвестностью. Их происхождение не было тайной, однако не было и признанным фактом.

И Эстон, и Мэдисон добились успеха в жизни. Оба занимались столярным делом, у Мэдисона была собственная ферма. Эстон Джефферсон, кроме того, стал профессиональным музыкантом и дирижером, играл в Чилликоте на танцах, и его знал весь юг штата Огайо. Современники отмечали его воспитанность, ум, располагающую внешность и манеры джентльмена. Впрочем, как с возмущением пишет газета «Либерейтор», голосовать и свидетельствовать в суде ему, как цветному, не было позволено.



JEFFERSON INJURED IN THE PERSON OF HIS DESCENDANTS.—Notwithstanding all the services and sacrifices of Jefferson in the establishment of the freedom of this country, his own son, now living in Ohio, is not allowed a vote, or an oath in a court of justice!—*Cleveland American*.

We are not sure whether this is intended as a statement of actual fact, or of what might possibly and naturally enough be true.—*Ohio Star*.

Is this a fact? If so, it ought to be known. Perhaps 'the Democracy' might be induced to pass a special act in his favor.—*Cincinnati Herald*.

We are credibly informed that a natural son of Jefferson by the celebrated 'Black Sal,' a person of no little renown in the politics of 1800 and thereafter, is now living, in a central county of Ohio. We shall endeavor to get at the truth of the matter, and make public the result of our inquiries.—*Cleveland American*.

Газета «Либерейтор» (1845). Эстон Джефферсон, сын «прославленной черной Сал», действительно не имел права голосовать

Отличным скрипачом стал и Мэдисон Хемингс. В 1870-е годы, когда ему было уже за 60, он рассказывал об отношениях своей матери с Томасом Джефферсоном, дал в том числе интервью малоизвестной газете в штате Огайо. Рассказ Мэдисона подтверждали другие люди, жившие в Монтичелло в те времена, но профессиональные историки не хотели об этом ничего слышать. Недоверию способствовало и то, что идейные аболиционисты, несомненно, из лучших побуждений, изобретали ложные сообщения о целом гареме чернокожих любовниц Джефферсона, о продаже с аукциона надоевших женщин и т. п.

Внуки Салли участвовали в Гражданской войне на стороне Союза северных штатов, кто в цветных военных формированиях, кто в белых. Некоторые погибли, некоторые затерялись; с этого времени неизвестны потомки Мэдисона по мужской линии; зато сын его дочери, правнук Джефферсона, стал первым цветным, избранным на государственную должность на западном побережье: он почти двадцать лет был членом Ассамблеи (нижней палаты законодательного собрания) штата Калифорния, с 1919 по 1934 год.

Сыновья Эстона, Джон и Беверли Джефферсоны, управляли отелем. Джон во время войны дослужился до полковника, участвовал в сражении при Виксбурге, много писал для газет, после войны торговал хлопком. Семьи и детей у него не было. Беверли Джефферсон после войны тоже занимался бизнесом, у него была омнибусная фирма. В некрологе его открыто называли внуком Томаса Джефферсона. У Беверли с женой были пятеро сыновей.

Конечно, художественная литература и кинематограф не обошли вниманием столь колоритную семейную историю. О Томасе Джефферсоне и Салли Хемингс писали романы, снимали фильмы. Оценки общества расходились, менялись с течением времени, варьировали в зависимости от политической, идеологической и гендерной принадлежности говорящего. Кто-то находил историю президента и рабыни романтической, кто-то считал, что она учит нас, как человеческие чувства рвут любые преграды, воздвигнутые погоней за наживой: сколько бы ни твердили, что негры низшая раса и сам Бог велел обращаться с ними как со скотом, жизнь доказала обратное. Кто-то, наоборот, видел в этой истории только омерзительную сексуальную эксплуатацию без всяких признаков романтики и добра. И всегда существовало белое консервативное крыло, которое гневно утверждало, что вообще ничего не было! Не мог Томас Джефферсон жить



Карикатура, изображающая Джефферсона и Салли; вероятно, 1804 г.

во грехе с рабыней, это невозможно, и все тут. Почему не мог? Потому что он отец-основатель и белый джентльмен-южанин, и заткнитесь.

## Y-хромосома отца-основателя

Но были еще и просто историки, которых интересовали факты. Версии об отцовстве Питера или Сэмюэля Карра вызывали сомнения. Свидетельства современников их подтверждали плохо, ни тот ни другой не были в Монтичелло во все предполагаемые моменты зачатия детей Салли (а Джефферсон был, хотя и это оспаривалось). К тому же обоим стали называть отцами детей Салли только после их смерти. В начале 70-х годов XX века Фаун Броди, биограф и преподаватель истории в Университете Калифорнии (Лос-Анджелес) опубликовала статью «Великое табу Джефферсона» (Fawn M. Brodie. The Great Jefferson Taboo // American Heritage, 1972, 23, 4). В статье были приведены данные обширного исследования, подтверждающие длительные отношения Джефферсона и Салли. Броди не без ехидства напоминает коллегам, что вопрос, на который обязан искать ответ честный историк, — не «в характере ли человека тот или иной поступок», а «было ли это».

Честные историки снова и снова перебирали аргументы: свидетельства современников и потомков, намеки в личных письмах и дневниках, счета за одежду, купленную Салли в Париже (одежда хорошая, недешевая, но был ли это подарок конкубине или просто девочке, выросшей в его доме, любимице семье?..), помесячную хронологию перемещения Томаса Джефферсона и других предполагаемых отцов в Монтичелло и из Монтичелло. Все это продолжалось до 90-х годов XX века, когда



## РАССЛЕДОВАНИЕ

в игру вступил анализ ДНК. И кто-то сказал: хватит гадать, давайте просто посмотрим.

Но как это сделать, если герои любовной истории давным-давно в земле, а гены их многократно перемешаны с генами брачных партнеров детей, внуков, правнуков?.. Тут поможет исследование мужской Y-хромосомы.

На всякий случай напомним: половые хромосомы у мужчин X и Y, у женщин — X и X. Все неполовые хромосомы (у человека их 22 пары), а также X-хромосомы у женщин — при образовании половых клеток обмениваются фрагментами, каждая со своей парой; этот процесс называется кроссинговером, он нужен, чтобы создавать новые, потенциально выигрышные комбинации генов. Поэтому хотя каждый из нас получает одну хромосому от мамы, а другую от папы, мы не получаем в точности мамину хромосому — мы получаем своего рода гибрид двух маминых хромосом из одной пары. Но в клетках мужчин одна X-хромосома и одна Y-хромосома, поэтому у них меняются участками только неполовые хромосомы. Отсюда следует, что сын получает от отца Y-хромосому в неизменном виде, за исключением случайных мутаций, и такой же передает ее своему сыну. (Ну хорошо, на самом деле у X и Y-хромосом есть небольшие общие области, в которых таки происходит кроссинговер, но они сравнительно невелики, и их можно не учитывать.)

В Y-хромосоме, как и в аутосомах, есть короткие tandemные повторы (STR) — последовательности ДНК, которые повторяются десятки раз подряд, причем число повторов индивидуально. А поскольку нет кроссинговера, нет и возможности, что эти STR как-то изменятся в ряду поколений. Исследуя их, удобно устанавливать не только ближайшее родство, но и дальнейшее, на протяжении веков. Поэтому с помощью STR обычно изучают не слишком древние родственные связи — «не слишком древние» для палеогенетиков означает «в пределах последних 4000 лет». На больших временных расстояниях, когда говорят уже не о генеалогии, а о по-

пуляционной генетике человека и о его эволюции, удобнее работать со снипами, то есть SNP — однонуклеотидными полиморфизмами. Набор SNP и (или) STR, характерный для данного индивида, называют гаплотипом; в данном случае говорят о гаплотипе Y-хромосомы.

Итак, если мы возьмем Y-хромосому ныне живущих потомков Салли Хемингс и сравним ее с Y-хромосомой законных родственников Томаса Джефферсона по мужской линии, то найдем ответ на животрепещущий вопрос об отцовстве президента. Есть совпадения по STR — отцовство возможно, нет совпадений — значит, правы белые консерваторы. Но есть важный нюанс: для исследования подходят только мальчики, сыновья сыновей сыновей... и так далее до Беверли, Мэдисона или Эстона. Если в линии потомков попадется хотя бы одна дочь, передача Y-хромосомы прародителя в этой линии прервется. И о «родственниках Джефферсона по мужской линии» мы сказали не случайно. Его законные прямые потомки, дети, внуки и правнуки Марты Джефферсон не годятся: при всей неоспоримой законности их происхождения «джефферсоновской» Y-хромосомы у них нет. В такой ситуации ищут потомков братьев фигуранта, братьев его отца, деда по отцу и т.п.

В работе международной команды участвовали сотрудники британского Лестерского университета — родины ДНК-фингерпринта; американскую сторону представлял Юджин Фостер из Шарлотсвилля, профессор патологии в отставке; это он вел переговоры с потомками и получал у них согласие на участие в исследовании. Статья, опубликованная в 1998 году («Nature», 1998, 396, 27—28; doi: 10.1038/23835), началась задорным обещанием «пролить немного научного света на данный диспут». Впрочем, по-английски гуманитарные дисциплины — art, а не science, так что обидеть историков никто не хотел.

К тому времени было известно не так много потомков Салли: по мужской линии — от Эстона Хемингса Джефферсона и по женской — от трех дочерей Мэдисона Хемингса.

Один из потомков музыканта Эстона (через его сына, владельца omnibusного бизнеса Беверли) — Джон Уикс Джефферсон и был тем человеком, у которого взяли кровь на анализ. Интересно, что он и его родственники ничего не знали о своем происхождении: Джефферсон не самая редкая английская фамилия. В 70-х годах некая Джин Джефферсон прочитала книгу уже упоминавшейся Фаун Броди «Джефферсон: интимный портрет». Имя Эстона Хемингса Джефферсона было

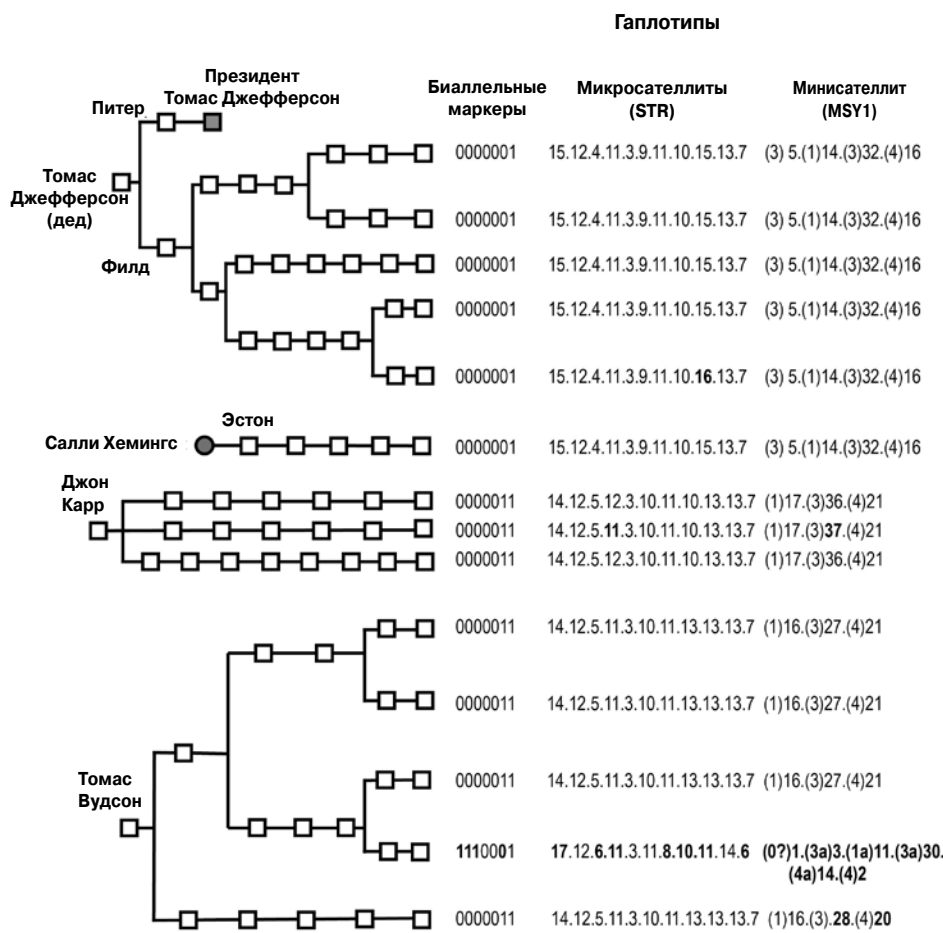
знакомо ей по семейным хроникам, и она связалась с Броди. Как выяснилось, ее отец с братьями в 40-х годах приняли решение не пересказывать детям предание о Джефферсоне и Салли: происходить от президента почетно, но от «черной Сал» — не очень, и лучше быть простыми белыми американцами, чем ассоциироваться с первым секс-скандалом в истории государства. Через Джин генетики много лет спустя и вышли на ее кузена Джона Уикса.

Эталонная «джефферсоновская» хромосома была взята у пятерых потомков Филда Джефферсона, дяди президента с отцовской стороны. (Понятно, что у Томаса, его отца и брата отца Y-хромосома одна и та же — дедовская.) В исследовании также участвовало пятеро родственников по мужской линии Питера и Сэмюэля Карра. Напомним, что они были сыновьями сестры президента, то есть Y-хромосому получили от зятя Джефферсона.

Кроме того, исследователи отыскали потомков еще одной таинственной личности — Томаса Вудсона, фермера из Огайо. Считалось, что это старший сын Салли, тот самый шокирующе похожий на Джефферсона цветной мальчик, о котором писали журналисты начала XIX века (Калледнер насмешливо называл

его президентом Томом). По возрасту получалось, что это мог быть ребенок, зачатый в Париже, если бы он не умер. Это в принципе объясняло, почему о рождении Тома нет записи в книге поместья. О ранней смерти старшего сына Салли известно со слов Мэдисона, но Мэдисон родился, когда этому мальчику должно было исполниться пятнадцать, и, возможно, он уже покинул поместье таким же полусекретным образом, как Беверли и Хэрриет. Однако все равно странно, как Мэдисон мог допустить такую ошибку, учитывая, что во всех остальных деталях он был довольно точен и свидетельства его совпадали с другими. Так или иначе, потомки этого человека крепко держались за свое семейное предание: их общий предок — сын Томаса Джефферсона, высланный из Монтичелло

Родословные древа участников исследования. Справа — гаплотипы: биаллельные маркеры (0 и 1 — два возможных состояния), микросателлиты (цифры — число повторов в каждом локусе) и минисателлит (цифры в скобках обозначают типы последовательностей, за ними число повторов). Легко видеть, что у потомка Эстона гаплотип джефферсоновский, но никто из потомков Томаса Вудсона таким гаплотипом похвастаться не может



в детстве. Пятерых потомков Томаса Вудсона по мужской линии удалось отыскать.

Анализ проводили по семи биаллельным маркерам (то есть участкам, в которых может быть либо одна, либо другая последовательность «букв», и никаких вариантов, кроме этих двух, нет; часто речь идет о вариации единственного нуклеотида), а также по 11 микросателлитам и минисателлиту MSY1 (минисателлиты и микросателлиты — это участки, содержащие повторы, число которых варьирует у разных индивидов). Для четверых потомков Филда Джефферсона получили идентичные картины, в пятом нашли одно отличие, вероятно возникшее из-за мутации. Таким образом, «джефферсоновский» гаплотип у нас есть. И с ним полностью совпадает гаплотип потомка Эстона! И он достаточно редок для европейцев, так что случайное совпадение едва ли могло иметь место. А вот гаплотипы Карров выглядят совершенно иначе. Стало быть, ни один из племянников Джефферсона не мог быть отцом Эстона, а вот сам президент — мог.

Потомков же Томаса Вудсона исследователи огорчили: кем бы ни был их общий предок, это был не Джефферсон, хотя их гаплотип действительно характерен для европейцев. Кстати, гаплотип одного из них очень сильно отличался от остальных и был более типичен для Африки — видимо, где-то на этой ветви генеалогического древа имела место посторонняя прививка.

## Консенсус

Думаете, на этом все закончилось? Конечно, нет. Не могли историки, привыкшие к гипотезе об отцовстве Карра (Карров), так просто уступить молекулярным генетикам. Допустимо ли, спрашивали они, делать столь далеко идущие выводы на основе изучения всего одного потомка Салли? Авторы статьи сами же отмечают в конце, что достаточно одному из родственников Джефферсона по мужской линии познакомиться с женой потомка Эстона, и данные будут дезавуированы. Это маловероятно, если вспомнить, как далеко от Монтичелло уехал Эстон, но ведь не невозможно, верно?

В январе 1999 года «Science» опубликовал статью, в которой рассказывалось о критиках работы Фостера и соавторов («Science», 1999, 283, 5399, 153—155; doi: 10.1126/science.283.5399.153a). Рид Ирвин, руководитель консервативной организации *Assigacy In Media*, заявил, что СМИ целенаправленно искажали результаты исследования. По его мнению, все это было специально

подстроено демократами в канун выборов, чтобы утешить Билла Клинтона после Моникагейта: если прославленный третий президент США жил с младшей по возрасту особой женского пола, находящейся от него в зависимости, можем мы простить аналогичный проступок сорок второму президенту?

Очевидно, что эта конспирологическая теория имеет мало общего с реальностью. Есть более явная причина совпадения по времени двух президентских секс-скандалов: ученые провели исследование, потому что могли. Появился метод, его начали применять.

Тем не менее возмущенная консервативная общественность требовала от генетиков корректности формулировок и осторожности оценок. Нашли «джефферсоновскую» хромосому — так и говорите, а заголовки вроде «Томас Джефферсон был отцом ребенка рабыни» — клевета. И другие мужчины с той же хромосомой могли быть отцами детей Салли, например младший брат Томаса Джефферсона, живший неподалеку, или его сыновья — племянники президента; по крайней мере про одного из них известно, что он любил проводить время с рабынями, а Y-хромосома у него какая надо, в отличие от сыновей сестры президента. И кстати, на момент рождения младших детей Джефферсону было за 60 — неужели нельзя найти кандидата в отцы помоложе?! Да и вообще, почему мы говорим только о законных Джефферсонах? Мало ли у кого в поместье и его окрестностях была такая же хромосома. Вы сперва проверьте, соберите популяционную статистику, а потом считайте вероятности.

Но тут уже слово опять взяла историки. Они напомнили, что история усадьбы Монтичелло изучена по месяцам и дням (не ради выяснения, кто чей ребенок: в этой усадьбе как-никак жил и работал один из самых великих американцев). И никто из предполагаемых отцов не присутствовал там в периоды возможного зачатия каждого из шести детей Салли — никто, за исключением Томаса Джефферсона. Можно, конечно, допустить, что дети у нее от разных отцов, хотя непонятно, каким образом это очистит от скверны светлый образ отца-основателя, — скорее наоборот. А что касается большого количества незаконнорожденных потомков Джефферсонов в Монтичелло и за его пределами — это предположение было бы непросто подтвердить или опровергнуть, но не подрывает ли оно тот аргумент, с которого уважаемые консерваторы начали спор? У джентльмена из южных штатов могла быть «теневая семья» с чернокожей, но этот доблестный, галантный и религиозный джентльмен не вступал



РАССЛЕДОВАНИЕ

в амурные связи со всеми черными и белыми женщинами подряд и не разбрасывал свою Y-хромосому совсем уж где попало! Блуд с негритянками был распространенным грехом, но все же грехом, так что давайте экономить гипотезы. И если мы допустим, что в Монтичелло жил под видом раба неизвестный сын кого-то из Джефферсонов, как бы он решился приблизиться к любимой рабыне молодых хозяек, явно привилегированной, даже если не считать ее сожительницей хозяина?

Сейчас большинство историков согласны с тем, что Томас Джефферсон был отцом всех детей Салли Хемингс. Конечно, остается и особое мнение меньшинства.

В 1999 году писатель и журналист Люсиан Трускотт-четвертый, потомок Джефферсона по прямой линии, пригласил потомков Салли Хемингс присоединиться к Ассоциации потомков Джефферсона. Однако в итоге Ассоциация большинством голосов проголосовала против: ДНК — это хорошо, но документальных свидетельств нет, да и генетические доказательства получены только для одной ветви. Как язвительно откомментировал Трускотт, до того момента Ассоциация не была столь строга к кандидатам, согласно уставу, ее членом мог быть каждый, кто обращается за членством и регулярно платит взносы. В то же время некоторые потомки Мэдисона и Эстона вместе с потомками Марты Джефферсон ведут активную общественную деятельность, организовали Сообщество Монтичелло — для потомков всех, кто жил в поместье при Джефферсоне, и даже получили премию за искоренение наследия рабства. Но это уже совсем другая история.



# Древо плодовитости и воздержания. Прутняк обыкновенный

Когда Авраам родил Исаака, ему было сто лет, а жене его Сарре — девяносто, и это чудо, конечно. Эта история, как и любой библейский сюжет, обросла апокрифами, и среди них есть мнение, что Сарра, помимо всего прочего, принимала плоды некоего растения, помогающие при бесплодии.

Когда мальчик подрос, Бог повелел Аврааму принести сына в жертву. Тот послушался, однако в последний момент человеческое жертвоприношение было отменено, и Авраам увидел овна, запутавшегося рогами в чаще. Его Авраам и принес во всеожжение вместо Исаака, а застряло животное, согласно преданию, в зарослях все того же растения. Неудивительно, что его назвали Авраамовым деревом. Именно эту историю отражает и латинское наименование *Vitex agnus-castus*, которое в переводе означает «жизнь невинного ягненка». Хотя Плиний Старший (23—79) образует название *vitex* от слова *vieo* — «переплетение», потому что длинные, гибкие ветки растения используют для плетения.

По иронии судьбы, плоды витекса не только увеличивают плодовитость, но и уменьшают либидо. Поэтому в монастырях средневековой Европы их использовали в качестве специи, которая служила дешевой заменой перцу и заодно облегчала выполнение обета безбрачия. Отсюда еще два названия — монашеский перец и целомудренник. Впрочем, растение с целомудрием ассоциировали еще в древности и считали его священным деревом девственной богини домашнего очага Гестии (в римском пантеоне — Весты). Как же не назвать его витексом священным! А по-русски — прутняк обыкновенный.

Это очень красивый кустарник или деревце высотой до шести метров. Его родина — Западная Азия и Средиземноморье, в XVII веке витекс завезли в Северную Америку, а в наше время он растет во многих субтропических районах планеты. С июня по октябрь прутняк радует глаз лиловыми метелками соцветий, потом поспевают душистые пурпурно-черные плоды-костянки диаметром 2—4 мм. На зиму прутняк сбрасывает листья. Это эфиромасличное растение. До недавнего времени его относили к семейству вербеновых, а потом перевели в яснотковые (губоцветные). Известнейшие ароматные растения — базилик, розмарин, душица, мята — в тесном родстве с прутняком.

В качестве лекарственного растения прутняк использовали еще тысячи лет назад в Древнем Египте, Греции и Риме. В народной медицине *V. agnus-castus* используют для улучшения пищеварения, как успокоительное, мочегонное, антимикробное и антигрибковое, противовоспалительное и обезболивающее средство, спазмолитик и аперитив. Однако основное применение прутняк находит все-таки в гинекологической сфере. Он смягчает симптомы предменструального синдрома (ПМС), лечит расстройства менструального цикла и помогает при бесплодии. Мужчины с его помощью могут избавиться от угрей (акне) и подавить либидо, если перед ними стоит такая задача.

Хотя почти все части растения содержат биологически активные вещества, травники используют в основном плоды. Кроме самих плодов, в продаже есть жидкий экстракт и порошок из них, капсулы и эфирное масло. Естественно, специалисты изучили их состав, и список получился довольно длинным. Искушенный читатель может сам его составить: флавонои-



ды, иридоиды и дитерпены, витамины и каротиноиды, до 2% эфирных масел (бонилацетат, 1,8-цинеол, лимонен, альфа- и бета-пинен). Основным биологически активным соединением прутняка считают флавоноид кастицин, он же витексикарпин, которым богаты не только плоды, но и зеленые части растения. При исследовании растительных препаратов их дозы стандартизируют по содержанию кастицина. Его также выделяют из листьев *V. trifolia* и *V. negundo*. Всего же род *Vitex* включает около 250 видов деревьев и кустарников, однако лекарственных всего три.

Сколь бы древними ни были традиции использования прутняка, проверенных данных о его лечебном действии у медиков явно недостаточно. В первую очередь официальную западную медицину интересует влияние растения на репродуктивную сферу. Исследований, проведенных на клеточных культурах и лабораторных животных, немного, клинических испытаний и того меньше, причем некоторые из них проводили на небольшой выборке и без должных контролей. В частности, влияние целомудренника на мужскую половую активность нельзя считать клинически доказанным. А вот акне он, возможно, лечит. Два исследования показали, что прутняк в данном случае помогает пациентам быстрее и эффективнее, чем традиционная терапия (испытуемые ежедневно принимали экстракт плодов по 15—20 капель в течение трех месяцев).

Однако чаще всего к траволечению прибегают женщины, страдающие от гинекологических проблем. Некоторые из них упорно избегают традиционных препаратов, которые дороги, помрагают далеко не всегда и порой имеют крайне неприятные побочные эффекты. Если пациентки предпочитают лечиться травами, долг специалиста узнать об этих травах как можно больше. И прутняк стал одним из наиболее исследованных лекарственных растений, которое используют для лечения ПМС, расстройств менструального цикла и бесплодия.

К сожалению, «наиболее исследованный» не означает «достаточно изученный». Достоверных клинических испытаний даже в этой области не очень много. Они показали, что препараты прутняка действительно смягчают симптомы ПМС, особенно боль и напряжение в молочных железах, запор, раздражительность, подавленное настроение, гнев и головную боль. Эффективность прутняка отметили более половины испытуемых, на которых действие препарата сравнивали с плацебо, витамином B<sub>5</sub> и оксидом магния.

При определенных расстройствах фертильности пациентки, принимавшие витекс, беременели в два раза чаще, чем в группе плацебо. В одном исследовании при бесплодии, вызванном недостаточностью лютеиновых гормонов (гормонов желтого тела), их уровень нормализовался после трехмесячного курса витекса. В другом случае прием препарата не повлиял на уровень гормонов, хотя плодовитость вроде бы увеличил.

Традиционно прутняк используют для усиления лактации у кормящих матерей, однако клинических подтверждений та-



кого эффекта нет. А теоретически препарат должен лактацию снижать.

Терапевтическое действие витекса приписывают его напрямую влиянию на разные гормоны. Растение содержит вещества, которые связываются с D2-рецепторами к дофамину, что подавляет синтез пролактина. А пролактин стимулирует развитие молочных желез и лактацию, поэтому витекс не может способствовать молочности. С другой стороны, повышенный уровень пролактина (гиперпролактинемия) может вызвать аменорею и бесплодие и стать причиной ПМС. Кроме того, растение улучшает функции желтого тела, тем самым стимулируя секрецию прогестерона, который также влияет на беременность и менструальный цикл. Поэтому в настоящее время прутняк так популярен при ПМС и бесплодии.

Что касается иных свойств прутняка, их пока изучают на животных и клеточных культурах. Так, эфирное масло из листьев обладает умеренной антибактериальной активностью против золотистого стафилококка, кишечной, сенной и синегнойной палочек. Крыс, которые 12 недель принимали прутняк, он защищал от остеопороза. Правда, в другом исследовании ягоды повышали тревожность животных.

Свойства кастицина исследуют особо. Этот флавоноид препятствует делению многих типов раковых клеток или вызывает их апоптоз, а также подавляет воспаление у мышей. Специалисты считают полученные данные убедительными. Однако при испытании на клеточных культурах антиканцерогеном оказывается практически любое лекарственное растение, что обнадеживает, только больным пока помочь не получается.

Несомненное достоинство прутняка — его безопасность. Побочные эффекты редки (2—5% случаев), незначительны и обратимы. Чаще всего это головная боль, угри, желудочные расстройства и тошнота, головокружение, усталость и сухость во рту. Эти симптомы могут быть результатом взаимодействия препаратов с дофаминовыми рецепторами. Иногда развиваются аллергические реакции, при которых лицо опухает, появляется отдышка, трудно глотать.

Теоретически витекс может взаимодействовать с лекарствами, влияющими на уровень дофамина и гормонов щитовидной железы, а также повышать уровень эстрогенов (он взаимодействует с эстрогеновыми рецепторами). Поэтому пациенты с опухолями, которые чувствительны к эстрогенам, или с гипофизарными расстройствами, должны перед использованием препарата проконсультироваться с врачом, равно как и люди, принимающие агонисты или антагонисты дофамина и эстрогена.

Исследований, посвященных безопасности витекса во время беременности и лактации, на людях не проводили. Медики не знают, как действует прутняк на плод на ранних этапах беременности и как он повлияет на младенца при грудном вскармливании. Так что в эти периоды прутняк женщинам не показан.

Чтобы как следует разобраться в лечебных свойствах прутняка, понадобится еще много исследований. Тем не менее препараты из плодов витекса священно разрешены, их производство растет, и фармацевтические компании нуждаются в плантациях прутняка.

**Н. Ручкина**





Художник Ли Менук

# Путешествие Цзо

Владимир Аникин

«У всего есть свой закат, и только ночь всегда заканчивается рассветом». Эта мудрость всплыла в памяти старого Цзо Цяна, когда первые солнечные лучи брызнули над горизонтом. Наступал новый долгий день. Цзо поплелся в аграрный отсек. Полки вдоль его стен образовывали как бы террасы, на которых произрастали соя, чуфа, брокколи и сельдерей, укроп, лук и другие культуры. Ощущалось, что кислорода здесь больше, чем в других местах. Нарвав немного зелени на завтрак, старик побрел обратно в свою каморку.

Когда Цзо прибыл на базу на Луне, он был крепок и молод. Шли десятилетия, вслед за лунными базами появились базы на Марсе, станции в поясе астероидов, люди стали примеряться к ядовитой Венере. Сначала станция, где работал Цзо, росла и развивалась. Затем развитие остановилось, пару десятилетий шли исследования в одних и тех же объемах. А затем люди стали сворачивать работы, уходить. Цзо остался один.

Несколько лет назад с ним еще общалась какая-то девушка из Центра на Земле. Она поздравляла его с днями рождения. Но вот уже пару лет никто не разговаривал с Цзо. Может, девушка вышла замуж или улетела сама на другую планету? Впрочем, это могла быть и его ровесница, хотя голос ее звучал молодо, и, быть может, теперь она вышла на пенсию. Или, хуже того, дыхание ее пресеклось, и душа больше не сопровождает тело.

Во всяком случае, с Земли отслеживали только автоматику. А Цзо просто доживал здесь свой век. Это было бесплатно по сравнению с его возвращением на Землю.

День разгорался. Скоро температура поднимется выше ста градусов. Цзо же давно не мог согреться. Старый организм совсем не давал тепла. После завтрака одинокий обитатель базы «Эолоа» нашел себе такое место на станции, где солнечные лучи через иллюминатор падали прямо на него, и начал задремывать.

Мысли в связи с недавним завтраком были о еде. Он вспомнил загадку отца: «С юга сюда направляется стадо домашних гусей, и все — бултых в воду». Отгадка — пельмени. И сразу вспомнились руки матери, сбрасывающие ножом с досочки в кипящую воду желтоватые изогнутые пельмени. Семья жила бедно, родители вечно хлопотали по хозяйству. Не было у них времени, чтобы сидеть и греться на солнышке.

И тут Цзо задумался: а как сейчас живут пенсионеры на Земле? Он помнил, что белые люди на Западе, когда становятся пенсионерами, отправляются в путешествие.

И он вдруг сам захотел в путешествие!

В молодости Цзо тут же сорвался бы с места. А сейчас силы были не те. Он посидел, собирая остатки внутренней энергии, и встал. Куда может путешествовать одиночка на Луне? Да можно просто надеть скафандр и идти, куда глаза глядят. И умереть под палящими лучами Солянца в самый лунный полдень. Умереть счастливым.



ФАНТАСТИКА

Первым делом Цзо решил обследовать скафандр. Он методично проверил оболочку, предохранительный клапан, регулятор абсолютного давления, манометр, пульт управления, штуцер для подсоединения бортовой системы, кран для продувки, блок усилителей, водяной насос, инжекторный узел, поглотительный патрон, датчики температуры, испарительные теплообменники, чеку включения и клапан, кислородный переключатель, штуцер для внешней подкачки воздуха, датчик углекислого газа, блокировочное устройство, аккумуляторные элементы, сигнализаторы и датчики давления, редуктор, рукоятку ручного включения кислорода, компенсатор утечек, резервный и основной кислородные баллоны, блок телеметрической системы.

Все было в полном порядке.

Обнаружив, что рабочий день подошел к концу, Цзо перекусил и лег спать. Так закончился первый день путешествия.

А солнце продолжало подниматься над горизонтом. Лунный день длится две земные недели, поэтому до полудня было еще далеко.

Проснувшись и позавтракав, Цзо проверил запасы воздуха и воды в скафандре, оделся и отправился в свое путешествие. Он давно не выходил на лунную поверхность, поэтому был ошеломлен яркостью света, красками пейзажа. Лунная поверхность серая, но и у серого цвета есть масса оттенков. Кроме того, на поверхностях модулей базы, на запертых подсобных помещениях и лабораториях были цветные метки, знаки и надписи. Блестели солнечные панели, раскинувшиеся вокруг станции. Красный флаг возвышался на флагштоке ярким пятном. А вот тени были изумительно черными.

Цзо начал обход базы. Были дорожки, утопанные башмаками скафандров в те годы, когда на «Эолоа» кипела жизнь. Были заметны следы шин. Цзо направился к ангару с лунным ровером, но ангар был заперт. Пошел дальше.

Как ни печально, но с этой стороны Луны никогда не видно Землю. Цзо стал мечтать: вот заведет он ровер и отправится на другую сторону Луны. Будет двигаться за солнцем. На стороне, обращенной к Земле, сейчас ночь, и вот он туда приедет вслед за солнечными лучами. И в свете дня увидит Землю, висящую в лунном небе. И тогда спокойно умрет.

Но Цзо понимал, что никуда он не доедет: не хватит батарей ровера, не хватит воздуха в скафандре. Стал разглядывать горизонт. Но смотреть толком было не на что. Луна меньше Земли, она более покатая, горизонт здесь ближе. Находясь внутри кратера Циолковский, Цзо не видел даже вершин гор, окаймляющих кратер.

Его внимание привлек шест на окраине базы. Цзо направился туда. В нижней части размещался ящик, который оказался не заперт. Внутри — пульт управления и экран. Цзо вспомнил: это телескопическая мачта с камерой наверху, для обзора окрестностей. Попробовал включить — все заработало. Задал с пульта команды — экран засветился,

мачта стала выдвигаться. Она росла и росла вверх. Цзо стал вращать камеру и любоваться дальними видами, которые он не мог разглядеть с высоты своего роста. И вдруг какие-то шпиди мелькнули в поле зрения. Установив более точные настройки, Цзо стал вглядываться. Да, шпиди. Станция.

Поспешив обратно на базу и высвободившись из скафандра, он отправился в кабинет начальника базы. Сначала хотел поискать информацию в компьютере, но потом заметил бумажный атлас. Это были листы, которые отпечатали здесь же, а потом скрепили. Получился альбом. Цзо открыл его. Прикосновение пальцев к старым листам, запах бумаги и печатных чернил. Даже иероглифы смотрелись дивными картинками древности. Старые забытые ощущения вызвали внутренний трепет. Наконец, нашелся нужный лист. Вот кратер, вот база, а вот то, что он видел — русский радиотелескоп. Навалилась усталость. Давно день не вмещал в себя столько дел. Но Цзо все равно пошел за ключами от ангара.

Цзо думал, что не сможет заснуть. Его переполняли события дня: краски лунного ландшафта, старые следы на поверхности Луны, виды, открывшиеся с обзорной камеры. Тем не менее, уснул сразу. И так закончился день второй.

На следующий день все ладилось. Ровер оказался в ангаре и был вполне пригоден к поездкам. Возвращаясь на базу, Цзо прошел в шлюзе все стадии очистки. Особенно важно не занести внутрь лунную пыль. На Луне нет атмосферы, нет эрозии, поэтому частички пыли не сглаживаются со временем. Они очень острые. Попадая в механизмы, лунная пыль быстро выводит их из строя. Из-за этого на входе в жилые модули оборудован специальный пропускник — для обработки скафандра механически и реагентами, чтобы пыль не проникла внутрь. Просто счистить щеткой ее нельзя, так как пыль еще и невероятно наэлектризована. Электростатический заряд ее велик, и она липнет к поверхностям почти что намертво.

Цзо принялся просчитывать маршрут. Получалось что-то около 35 километров. Приняв среднюю скорость ровера за 12 км/ч, на время в пути он положил шесть часов: три туда, три обратно. Запас воздуха в скафандре на восемь часов. Значит, пробыв на радиотелескопе, допустим, час, он имел еще час в запасе.

Если с воздухом все решалось неплохо, то вставала проблема ровера. Дальность его хода составляла 70 км. Если до радиотелескопа действительно 35 км, то ресурса хватало в обрез, без запаса. Но всегда ведь бывает что-то непредвиденное. Любая заминка, и ровер мог не дотянуть до базы.

И тут пришла в голову одна идея.

На следующий день Цзо осмотрел модули электроснабжения вокруг станции. Для него одного их было слишком много. Раньше, когда на базе бурлила жизнь, работали лаборатории и заводы, модули еле справлялись с обеспечением станции энергией. Основой для солнечных батарей служили шестиколесные платформы. Батареи могли передвигаться по поверхности. Это было нужно, чтобы работы могли вестись в любом направлении от базы — источник энергии всегда важно иметь под рукой.

Цзо попробовал привести в движение один из модулей энергоснабжения, но механизм отказал — лунная пыль сделала свое дело: детали изнашивались, хотя корпуса изготавливались в герметичном исполнении, чтобы предупредить проникновение пылевых частиц.

А вот второй и третий модули поехали.

Цзо решил отогнать модули как можно дальше в направлении русского радиотелескопа. Сначала он шел рядом с платформой, отдавая команды через радиопульт. Но быстро

устал. И тогда сообразил — сел на ровер. Теперь он с пультом ехал на ровере, а рядом передвигался энергетический модуль. Цзо самому себе казался звездным пастухом, пасущим роботов на лунных пустошах.

Время шло, минул лунный полдень, а Цзо все еще готовился к своему путешествию. Он просчитал маршрут и ввел данные в бортовые системы ровера. Выставил четыре энергетических модуля на пути к радиотелескопу, через пятьсот метров каждый. Таким образом, самый дальний стоял в двух километрах от базы. Скафандр был заправлен водой и воздухом. Теперь можно было отправляться в путь.

Утром Цзо заставил себя поесть. Он понимал, что восемь часов голодным не протянет — так можно и до обморока себя довести. Потом надел скафандр, оседлал лунную машину и поехал.

Ровер шел ровно, трясло, но несильно. Солнце уже смещалось к закату, иссиня-черные тени вытягивались к близкому горизонту. К середине пути Цзо вдруг разволновался: где-то здесь много лет назад Лунные Медведи и Дисань Ши-и (Третий Миллиард) провели границу. Но Цзо не стал тормозить: не пограничник же его встретит.

На исходе третьего часа езды перед ним появился радиотелескоп. Еще издали Цзо понял, что телескоп не работает. Подъехал, слез с ровера, подошел к двери. Отбросил внешнюю щеколду, потянул ручку на себя и удивился, когда дверь легко открылась. Впрочем, удивление было мимолетным: зачем запирать дверь на безлюдной планете? Праздношатающихся здесь нет. Скорее можно потерять ключи и потом ломать дверь, если объект захотят вновь вернуть к работе.

Цзо сходил к роверу, там был фонарь. Освещая себе путь, вошел внутрь радиотелескопа. Установка изначально была рассчитана на работу в автоматическом режиме: внутри не было ни жилых помещений, ни лабораторий. Тут никогда не создавали искусственных условий для жизни. Здесь, как и снаружи, не было атмосферы. Было сразу видно, что тут поработала лунная пыль. Что-то из механизмов изнашивалось, оборудование встало. На стене нашелся выключатель. Цзо без надежды щелкнул им — свет загорелся. Значит, энергоснабжение, плохо ли, хорошо ли, но еще работало. Осматривая агрегаты, Цзо выявил проблему. Пыль набила в подшипник, и тот не обеспечивал вращения платформы телескопа. В складском помещении обнаружили запасные детали.

Цзо посмотрел на часы. Оказалось, что он бродил внутри уже больше часа. Выйдя и снова закрыв дверь на щеколду, он забрался в ровер и отправился в обратный путь.

Заряд батарей ровера подходил к нулю, и появление первого энергомодуля порадовало Цзо: значит, оставалось два километра до базы. Подъехал к платформе, подключил аккумуляторы ровера на зарядку. Через двадцать минут продолжил движение и вскоре завершил остаток пути.

Когда Цзо завершил процедуру очистки и вернулся в жилые помещения станции, силы совсем оставили его. Он даже не дошел до спального отсека, а уснул прямо на топчане в одном из коридоров. И спал больше полутора земных суток.

Когда Цзо проснулся, лунный день почти закончился. Прошли две земных недели. Солнце уходило за горизонт. Скоро температура упадет до  $-150^{\circ}\text{C}$ . После завтрака Цзо вышел на поверхность, чтобы закатить ровер в ангар. За это время солнце почти скрылось.

Станция была углублена в грунт, чтобы в ночной тени она не теряла много тепла: так энергии на обогрев расходовалось меньше. Поэтому и иллюминаторов было всего три. Цзо не смотрел в них: закат вызывал у него тоску. А вот рассвет он

всегда встречал с удовольствием. Теперь же его согревала мысль о путешествии.

Долгими часами он снова и снова прокручивал в голове детали поездки, смаковал езду на ровере, восторг от встречи с незнакомым объектом. Когда миновала лунная полночь, Цзо решил, что должен вернуть к жизни старый радиотелескоп. Запасной подшипник на русском радиотелескопе есть, а инструмент есть на китайской станции. И он, Цзо, вернется и все починит. Решено!

Когда солнце снова взошло, Цзо выждал пару дней. Надо было, чтобы поверхность прогрелась, а энергетические модули запасли энергию. Наконец, загрузив инструменты в ровер, снова отправился в путь.

Достигнув радиотелескопа, Цзо потащил сумку с инструментом внутрь, радуясь, что сила тяготения здесь меньше, чем на Земле, иначе сумка весила бы куда больше. Включив свет, открыл отсек с запчастями. Точно, осевой подшипник был! Теперь оставалось снять старый и заменить его. Взяв необходимый ключ, Цзо подошел к подшипнику и попытался повернуть крепёжный болт. Уже через несколько минут понял всю тщетность своих усилий. Потрясение было так велико, что старик расплакался. Система комфорта в скафандре тут же осушила слезы — так же, как осушала пот с лица во время работы.

«Какой же ты Цян?» — укорял себя Цзо.

Цян значит «сильный». Однако силы-то давно оставили его. Теперь он понимал, что его затея была глупой. Как он, старый и немощный, хотел потащить, поднять и установить 80-килограммовый подшипник? Даже при лунной силе тяжести ему это было не под силу.

Когда на левое плечо Цзо сзади легла чья-то рука, он подумал, что за ним пришел сам Лунный старец Эолоа. Или души тайконавтов, похороненных в лунном реголите. Или сама Смерть. Только не человек. Но когда повернулся, оказалось, что за его спиной стоит именно человек.

Человек был высок ростом и статен. Даже через скафандр чувствовались мощь и энергия юного тела. Скафандр был новенький. На груди — эмблема «Звездных медведей». И какие-то буквы — скорее всего, имя владельца скафандра. Либо название базы или отряда. Цзо не умел читать по-русски. Он уже подумал, что его сейчас арестуют за пересечение невидимой лунной границы и несанкционированный доступ к чужому имуществу. Но русский сделал знак рукой — «дай мне». Аккуратно отодвинув Цзо, он стал поворачивать ключ. Через несколько минут старый изношенный подшипник был снят. Цзо показал, где взять новый. Спокойно и деловито, просто и легко космонавт произвел операцию установки. После чего кивнул головой: мол, что дальше?

Цзо посмотрел на часы. Надо ехать! Иначе он не успеет вернуться на базу до того, как израсходуется кислород. Он постучал пальцем по датчику времени и махнул рукой: «Я поеду». Парень кивнул и обвел рукой вокруг телескопа: «А с этим что?»

Радостно осознавая, что они понимают друг друга на языке жестов, Цзо предложил встретиться завтра. Согласовали время встречи. Новый знакомый кивнул: мол, все понял, буду.

На обратном пути Цзо сообразил, что в спешке забыл у радиотелескопа сумку с инструментами, а это казенное имущество. Так или иначе, он теперь должен вернуться туда завтра.

На базе Цзо установил сигнал побудки. Старому тайконавту вспомнились времена, когда по громкой связи на базе отдавали команды ученым для выхода на полевые работы.

По команде уходили и приходили рабочие смены, добывавшие минералы в шахтах, работавшие на заводах по добыче гелия-3 или выплавке металлов из местных руд. Показалось, что давно забытое вдруг оживило.

На следующий день Цзо прибыл точно в срок, но русский уже был на месте и возился с аппаратурой. Судя по всему, он проверял электрические цепи, рядом работало устройство тестирования программного обеспечения радиотелескопа. Изредка он смотрел на голограмму, поворачивая ее и что-то уточняя.

Цзо первым делом ухватился за сумку с инструментом, забытую накануне. Русский напарник показал жестом: «Можешь забирать. У меня все есть, что надо». Действительно, оснащения он принес достаточно. Цзо отнес свои инструменты в ровер, вернулся, но чем помочь, не знал. Смущенно топтался рядом. Минут через пятнадцать парень показал, что ему нужна помощь. Почему-то не запускалось вращение азимутального круга: то ли электродвигатели не тянули, то ли что-то механически мешало вращению. Чтобы разобраться, русский надумал толкнуть круг вручную. Если пойдет, то механических препятствий нет. Здоровяк уперся руками в металл поворотного диска, ногами встал потверже и начал толкать. Цзо приналег чуть сзади. Вроде пошло! Толкнули сильнее. Цзо обрадовался тому, что диск вроде бы вращается, но нет — снова встал. Русский возился впереди. Цзо перестал толкать и отвлекся. Мысли уплывали не то в прошлое, не то в будущее.

Вдруг он почувствовал, что что-то не так. Действия напарника были странными. Тот уже не толкал, а, наоборот, отталкивался от агрегата и пытался что-то вырвать из механизма правой рукой. Цзо присмотрелся и понял: правая рука русского попала во вращающийся механизм, перчатку скафандра затянуло, потому-то все и застопорилось. Теперь ни диск не вращался, ни перчатка не вытаскивалась. Имея прочный каркас, перчатка скафандра заклинила поворотный диск. Рука внутри не пострадала. Из-за того что не было ощутимого давления на руку, парень, видимо, и не заметил, как попал в капкан. Руку можно было бы вынуть из перчатки. Но сейчас, на поверхности Луны, человек был пленником скафандра, не мог снять его.

Цзо бросился на помощь. Они вместе тянули, рвали руку из западни и пытались извлечь ее, толкая диск в обратную сторону... Все было тщетно. Сердце старого китайца колотилось так, будто обезьяний царь Сунь Укун бил в барабаны, созывая всех по тревоге. Но зря колотил Сунь Укун в сердце Цзо. Никто не спешил на помощь, наоборот, силы покидали старика. Цзо осознавал, что уходит время, а значит, заканчиваются запасы воздуха, запасы воды в скафандре. При повышенных нагрузках расходовались они быстрее обычного. Чувствуя, что организм не выдержит нагрузок, и так он умрет еще до того, как кончится кислород в скафандре, Цзо, тем не менее, продолжал помогать попавшему в беду.

Русский как-то странно захолопал себя левым локтем по боку. Словно ему что-то мешало или чесалось в боку. Вдруг Цзо догадался — там, на боку, в подмышке, система радиопеленгации и связи. И она отключена. Похоже, парень ушел со своей базы тайком! Цзо отыскал панель на левом боку у русского, но не знал, на какую кнопку нажимать. Парень левой рукой показал два пальца — вторая кнопка. Слева или справа? Вспомнив, что русские читают слева направо, Цзо активировал вторую кнопку слева. Ожили датчики. Цзо привалился спиной к станине телескопа, стал оседать. Скоро придет помощь...

Но через пару минут вновь поднялся. Да будет ли эта помощь?! Он из последних сил стал тянуть и рвать своего друга из ловушки. Даже не пытался обдумать действия, просто рвал и тянул. Земля качнулась под ногами. «Помираю», — подумал Цзо. А это застрявшая рука освободилась из плена.

Русский стал осматривать перчатку, ища повреждения: не нарушена ли герметичность? А Цзо вышел наружу, чтобы в последний раз взглянуть на звезды. А увидел...

Это был даже не ровер, а внушительных размеров луноход с солнечной батареей наверху. Такой мог автономно ездить на большие расстояния, заряжаясь на ходу. С лунохода прыгивали люди, человек пять или шесть. Первым делом они бросились к своему коллеге. По жестикующий человека, бежавшего впереди, а также по тому, как стал взмахивать руками парень, стало ясно, что разговор у них идет на повышенных тонах. К разговору подключились и другие прибывшие, только они вели себя сдержаннее.

Вдруг люди стали смотреть в его сторону, и Цзо понял, что теперь речь зашла о нем. Кто-то приблизился, деловито посмотрел на датчики старого китайского скафандра и стал отдавать распоряжения. С лунохода потянули какой-то баллон. Но стоявший рядом крупный мужчина, смерив взглядом китайца с ног до головы, не стал ждать, а просто взял его на руки и отнес на раму лунохода. В поданном баллоне оказалась смесь для дыхания. Баллон быстро подключили к скафандру. Когда датчики показали приемлемые значения, баллон отсоединили, и интерес к Цзо сразу пропал.

Старый китаец слез с лунохода и зашагал к своему роверу. Обернувшись, помахал рукой. Каждый из группы небрежно махнул ему в ответ, только парень, его знакомец, помахал обеими руками. Сцепил руки, поднял их над головой и снова помахал. Мол, дружба. Цзо поклонился в ответ.

Начальник толкнул парня в спину, подталкивая к луноходу. А потом взял и дал подзатыльник. Так как оба были в скафандрах, смотрелось это смешно. И на душе у Цзо вдруг потеплело. Он догадался: это были отец и сын! Так маленького Цзо Цяна шлепал старый Цян, когда сын шалил.

Русские шли к луноходу, старший обернулся. И Цзо, показав пальцем на парня, поднял большой палец. Отец кивнул. На расстоянии Цзо не видел выражения лица за щитком шлема, но по кивку ему показалось, что тот доволен выросшим сыном и знает, что наследник будет толковым человеком.

Цзо забрался в свой ровер и поехал обратно. Через три часа уже такого знакомого пути он остановился у входа в шлюз жилого модуля. Перед тем как войти, вспомнил изречение: «Никто не возвращается из путешествий таким, каким был прежде». И никакая очистка и дезинфекция не отнимут у него того, что случилось — не отнимут его путешествия.

Ярослав Туров выслушивал упрёки отца. Аркадий Серафимович, руководитель депутатской комиссии, прилетел на Луну по работе и сына оформил как сотрудника.

— Ты понимаешь, что меня и всех нас ты поставил в неловкое положение? Если бы по твоей милости и шалости что-то случилось, то люди бы серьезно пострадали...

Разговор шел в кабинете начальника станции при нескольких свидетелях.

— Молодости свойственны прогулки под луной. Но не по Луне же! Навигатор отключил. Куда тебя потянуло? Где? Что случилось? А рухнуло бы что-нибудь на тебя? Там ведь это старье...

— Не старье, радиотелескоп можно запустить, — возразил сын.

Аркадий Серафимович развел руками, показывая свидетелям: что, мол, скажете? Ничего не понимает!

Тут Турова-старшего осенило:

— А что это был за китаец?

Откликнулся Тарас Меркушев, первый зам и начальник особого отдела:

— Цзо Цян — единственный обитатель базы «Эолоа». Шестнадцать лет на пенсии.

— А что же он здесь делает? — изумился Ярослав.

— Доживает свой век, — устало пояснил Туров-старший, а Меркушев добавил:

— Для Дисань Ши-и, Третьего Миллиарда, не хватает места на Земле.

— А можем мы забрать его на Землю?

Но Аркадий Серафимович осадил сына:

— Он же не зверушка, которую можно взять или не взять домой.

Вставил свое слово и Меркушев:

— Он шестнадцать лет на пенсии. Вряд ли он истязал себя последние годы на тренажерах. Притяжение убьет его, как только он ступит на поверхность Земли.

— Но что он здесь делает? Просто доживает век? Или он эксперименты проводит?

— Он сам уже давно эксперимент. Сколько может прожить человек на Луне? Тем более старый человек...

Меркушев замолчал, и Ярослав понял, что сотрудники русской базы хорошо знают своего одинокого соседа.

— Вы за ним наблюдаете?

— Не ежечасно, конечно. Но нас интересует этот объект. — При слове «объект» молодого Турова передернуло. — Следим за ним не только мы. Понятно, что никто это не афиширует.

— Я вот что подумал, — оторвался от своих размышлений Аркадий Серафимович. — Факультет космических исследований академии города Циолковский выделяет несколько грантов на исследования за пределами Земли. Я не буду просить за тебя, — жестко продолжал он. — Но помочь с оформлением заявки, подсказать, как сформулировать истинно интересную тему...

— О долголетию на Луне?

— Да нет же. А вот запустить радиотелескоп заново — это интересно. Ремонт на другой планете, восстановление оборудования, возможно, его модернизация. Подберешь толковых друзей-студентов. Выиграешь грант — вернешься сюда. И это будет не праздное шатание, а серьезная работа.

— Я согласен, — быстро ответил Ярослав.

— Вот и хорошо. А там можешь и китайца взять на условиях сдельной оплаты.

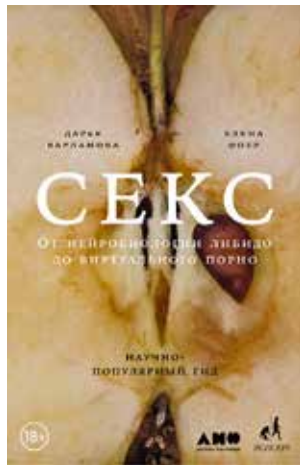
И только сейчас Туров улыбнулся.

Пришла очередная лунная ночь. Цзо раздумывал о том, что ночь всегда заканчивается рассветом, но все ли увидят этот рассвет? Вдруг активировался монитор связи с Землей. Цзо удивился. Появились иероглифы: «С наступающим праздником чуньцзе тебя, Цзо Цян. Желаем тебе силы дракона и лошади».

Цзо сразу понял, кто поздравляет его с китайским Новым годом. Ведь главное в путешествии — не расстояние, которое преодолеешь, а новые друзья, которых встретишь на пути.

**Дарья Варламова,  
Елена Фоер**

Секс: От нейробиологии  
либидо до виртуального порно.  
Научно-популярный гид  
Дарья Варламова,  
Елена Фоер  
М.: Альпина нон-фикшн,  
2018



Тему секса зачастую рассматривают либо с точки зрения биологии, либо с точки зрения культуры. Перед вами — попытка объединить оба подхода и написать гид по человеческой сексуальности, рассказывающий о том, как поверх могучих природных инстинктов наслаиваются разнообразные психологические нюансы, культурные коды и табу.

**Эдвард Шейнерман**

Путеводитель для влюбленных  
в математику  
Перевод с английского:  
Алексей Огнёв  
М.: Альпина нон-фикшн,  
2018



Принято считать, что математика — наука точная и совершенно скучная, но Эдвард Шейнерман берется доказать обратное. Он утверждает, что математика бывает не менее увлекательной, чем гуманитарные дисциплины. Как объяснить тот факт, что большая часть окружающих нас чисел начинается на единицу, а тех, что начинаются на девятку, — совсем мало? Каков наилучший путь выиграть выборы, если победителями становятся больше двух кандидатов? Как понять, насколько можно доверять даже самому высокоточному медицинскому тесту? Может ли математика пролить свет на вопрос о свободе воли? Ответы на все эти и многие другие вопросы вы найдете в книге Эдварда Шейнермана.

**Марк Форсайт**

Краткая история пьянства  
от каменного века до наших дней:  
Что, где, когда и по какому поводу  
Перевод с английского:  
Мария Десяткова  
М.: Альпина нон-фикшн,  
2018



История нашего вида сложилась бы совсем по-другому, если бы не счастливая генетическая мутация, которая позволила нашим организмам расщеплять алкоголь. С тех пор человек не расстается с бутылкой — тысячелетиями выпивка дарит людям радость и утешение, помогала разговаривать с богами и создавать культуру. «Краткая история пьянства» — это история давнего романа *Homo sapiens* с алкоголем. В каждой эпохе — от каменного века до времен сухого закона — мы найдем ответы на конкретные вопросы: что пили, сколько, кто и в каком составе? А главное — зачем и по какому поводу?

**АНО**  
АЛЬПИНА НОН-ФИКШН



КНИГИ

**Мартин Рис**

Всего шесть чисел:  
Главные силы,  
формирующие Вселенную  
Перевод с английского:  
Виктория Краснянская  
М.: Альпина нон-фикшн,  
2018



В книге знаменитого астрофизика, члена Королевского астрономического общества сэра Мартина Риса описываются фундаментальные силы, управляющие нашей Вселенной. Автор утверждает, что расширяющаяся Вселенная может быть определена всего шестью числами:  $N$ ,  $\epsilon$ ,  $\Omega$ ,  $\lambda$ ,  $Q$ ,  $D$ , каждое из которых играет особую и решающую роль в ее эволюции, а вместе они определяют ее развитие и потенциал возможностей. Два из них связаны с основными силами; другие два определяют размер и общую структуру Вселенной и показывают, будет ли она существовать вечно; еще два говорят о свойствах самой Вселенной. Если бы любое из них было чуть-чуть другим, не было бы звезд и не могла бы существовать жизнь. Мы могли появиться — и существуем сейчас — только во Вселенной с правильной комбинацией этих основополагающих чисел.

**Роберт Сапольски**

Кто мы такие? Гены,  
наше тело, общество  
Перевод с английского:  
Анна Петрова  
М.: Альпина нон-фикшн,  
2018



Как климат влияет на интеллект, характер, религиозные представления? Правда ли, что наш мозг сжимается от стресса? Какова анатомия плохого настроения? Почему старые звери не хотят пробовать новую еду и как это связано с творческим долголетием человека? Всегда ли здоровье у богатых лучше, чем у бедных? Что такое синдром Мюнхгаузена по доверенности? Поистине человек — одно из самых загадочных животных на Земле. В книге всемирно известного приматолога и нейробиолога Роберта Сапольски написанные им в разные годы блистательные эссе образуют целостную картину человеческой природы.

Подробности на сайте издательства: <http://www.nonfiction.ru>



Художник Гариф Басыров

## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Изомерное тепло

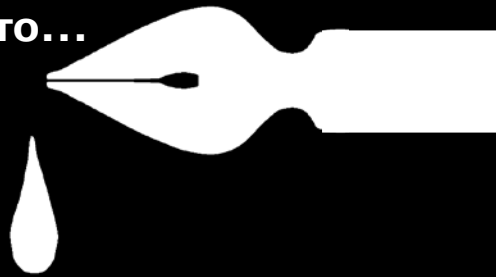
Каждый, имеющий загородный дом, думал, как бы его протопить зимой. А человек, осознающий свою ответственность за чистоту планеты, добавляет: как бы это сделать с помощью альтернативных источников энергии? Конечно, можно покрыть крышу солнечными батареями, подключить к ним обогреватели и так спастись от стужи. Да вот беда, зимой в средних широтах солнца совсем мало, а летом топить не нужно — фактически, солнечные элементы работают зря. Можно черпать тепло из глубин земли с помощью теплового насоса, но это связано с немалыми земляными работами, да и система служит не всегда надежно и электричества расходует много.

А что если попытаться поставить на крыше не электрический, а тепловой солнечный элемент, и собранную летом энергию отправлять в какой-то теплоконденсатор? Некоторые мечтатели предлагают груды камней под домом: за лето ее можно хорошо нагреть, и потом всю зиму камни, остывая, станут отдавать тепло. Модификация этой идеи предполагает комнату, забитую одной-двумя тысячами пятилитровых бутылок с водой, которая запасает тепло лучше, чем камни, ввиду высокой теплоемкости. Идея неплохая, но не очень технологичная — не совсем ясно, как контролируемо накопленное тепло отбирать.

Химики из Чалмерского технологического университета (Швеция) во главе с профессором Каспером Мот-Поулсенем решили пойти навстречу таким понимающим толк в экологических рисках людям и предложили запасать солнечное тепло с помощью химической энергии («Energy and Environmental Science», 20 августа 2018 года; doi: 10.1039/C8EE01011K). В созданной ими установке циркулирует холодная жидкость, в которой растворен норборнадиен — соединение из углерода, водорода и азота. Под действием ультрафиолета оно меняет конфигурацию молекулы на обладающую большей энергией. Эта «заряженная» жидкость станет накапливаться в специальном бассейне, а при похолодании поступит в систему отопления. В нее встроены котел — труба с катализатором; он возвратит молекулу в исходный вид, тепло же пойдет на нагрев дома. Так возникнет двойная выгода — летом крыша, а значит, и весь дом, защищены от нагрева, а зимой накопленное тепло служит человеку. Исследователи рассчитывают за десять лет вывести такую систему на рынок. У способа пока есть серьезный недостаток. Плотность энергии составляет 0,6 МДж тепла на каждый килограмм, что в 40 раз меньше, чем у жидкого газа в газгольдере. Соответственно, и жидкости потребуется во столько же раз больше, чем газа, расход которого за год на обогрев дома площадью 100 м<sup>2</sup> составляет 5–6 м<sup>3</sup>.

С.Анофелес

## Пишут, что...



...«Science» опубликовал шесть статей, посвященных финальному этапу исследования Сатурна автоматической межпланетной станцией Кассини; в частности, измерено магнитное поле вблизи Сатурна («Science», 2018, 362, 6410, eaat5434; doi: 10.1126/science.aat5434)...

...данные телескопа Хаббл указывают на присутствие крупной луны у экзопланеты Kepler-1625b; если данные подтвердятся, это будет первая обнаруженная экзолуна («Science Advances», 2018, 4, 10, eaav1784; doi: 10.1126/sciadv.aav1784)...

...галактики и их скопления — открытые формирующиеся системы, поэтому большие скорости галактик и высокие температуры межгалактического газа в скоплениях не обязательно указывают на присутствие в них значительной массы темной материи («Астрономический журнал», 2018, 95, 9, 585–590)...

...в Японии, возможно, будет разрешено редактирование генов человеческих эмбрионов в исследовательских целях («Nature», 2018); doi: 10.1038/d41586-018-06847-7, <http://the-japan-news.com/news/article/0004760817>)...

...геомагнитные возмущения — следствие магнитных бурь — искажают показания инклинометров при бурении глубоких скважин в Арктическом регионе, приводя к значительным отклонениям от заданной траектории («Физика Земли», 2018, 4, 19–30)...

...впервые исследованная динамика ледовых явлений на озерах Южного Урала свидетельствует о результатах глобального потепления в этом регионе («Водные ресурсы», 2018, т. 45, № 5, с. 483–493)...

...впервые представлены экспериментальные доказательства биодegradации сырой нефти ацидофильной культурой бактерий в условиях экстремальной кислотности, что важно для решения проблем хранения и перевозки разных видов высокопарафиновой нефти («Микробиология», 2018, 87, №, (?) 344–355)...

...найден еще один представитель водорослей-макрофитов, принимающий участие в очистке прибрежных акваторий от нефтепродуктов, — *Ulvaria obscura*; процесс начинают эпифитные углеводородокисляющие

бактерии на поверхности растения, облегчая поглощение и дальнейшую деградацию нефтепродуктов его клетками («Доклады Академии наук», 2018, 481, 1, 111—113)...

...уникальное для верхнепалеолитического искусства изображение двугорбого верблюда, обнаруженное в ходе реставрационных работ в Каповой пещере на Южном Урале, представляет огромный интерес и для понимания истории распространения этого вида в Северной Евразии («Российская археология», 2018, 2, 19—32)...

...предложена схема эволюции стайного поведения рыб, которое впервые возникло у костистых рыб (Teleostei) около 200—220 млн лет назад и, скорее всего, было обусловлено освоением ими пелагиали («Вопросы ихтиологии», 2018, 58, 5, 534—543)...

...репродуктивный процесс в популяциях приуральского соболя в 1960—1980-х годах стимулировался интенсивным промыслом («Экология», 2018, 5, 382—390)...

...голубые глаза у собак породы хаски — результат дупликации в геноме («PLoS Genetics», 2018, 14 (10), e100764; doi: 10.1371/journal.pgen.1007648)...

...опубликованы данные масштабного международного проекта fruitENCODE по исследованию генетических факторов, вовлеченных в созревание фруктов («Nature Plants», 2018, 4, 784—791; doi: 10.1038/s41477-018-0249-z)...

...британские ученые с помощью CRISPR-Cas9 ввели в геном малярийного комара *Anopheles gambiae* мутацию, которая делает самок бесплодными при сохранении плодовитости самцов; такая мутация может полностью уничтожить вид («Nature Biotechnology», 2018; doi: 10.1038/nbt.4245)...

...гербицид глифосат изменяет состав кишечной микрофлоры медоносных пчел, что повышает их восприимчивость к инфекциям («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2018; doi: 10.1073/pnas.1803880115)...

...22 робота за 12 часов построили из стеклопластика, затвердевающего под действием ультрафиолетового излучения, две древовидные структуры высотой 4,5 м («Science Robotics», 2018, 3, 22, eaau5630; doi: 10.1126/scirobotics.aau5630)...

Художник леон ван Рой



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## Выгода зеленого пивовара

Мелкие частные пивоварни — они делают так называемое крафтовое пиво — плодятся по всему миру, как грибы после дождя; в США с 2005 года их число увеличилось в два с половиной раза до 4,5 тысяч. Порой все начинается с увлечения и изготовления пива для себя, а потом дело вырастает в мелкий бизнес, который по законам жанра должен приносить прибыль. Как же пивовару выделиться из общей массы, справиться с гигантами промышленности и привлечь к своему напитку общественное внимание? Исследователи из Индианского университета во главе с доцентом Саньей Карли обнаружили такой способ: надо объявить себя зеленым пивоваром. То есть таким, который борется за экономию энергии и сохранение окружающей среды («PloS One» 5 октября 2018 года; doi: 0.1371/journal.pone.0204917).

Бремя зеленого пивовара довольно тяжелое. Ему нужно оснастить свой заводик солнечными батареями, как-то собирать и возвращать в производственный процесс бросовое тепло, а также закольцевать сточные воды, очищая их и извлекая из получающегося ила биогаз. Еще хорошо бы утилизировать с пользой для общества неизбежные отходы — пивные дрожжи и пивную дробину. В принципе, сбыт для этих отходов имеется, надо только грамотно подойти к маркетингу и логистике. Все эти мероприятия требуют затрат денег, а вернуть их пивовар может, только заложив в цену напитка. Вот многие и опасаются: конечно, быть зеленым пивоваром — это почетно, однако когда совсем не зеленые коллеги демпингуют и обходят тебя в объеме продаж, становится обидно.

Такой печальный исход следует из общих соображений. Однако социологи обнаружили, что общество несколько изменилось и эти соображения не работают. Они провели опрос любителей пива по всем США и выяснили, что более половины из них — 59% — готовы переплатить до двадцати центов за бутылку, если пивовар действительно зеленый. Интересно, что все эти потребители пива проявляют экологическую сознательность и по другим поводам: они участвуют в акциях по переработке мусора, по его сбору, а также предпочитают продукты местного производства — из-за отсутствия длительной транспортировки их углеродный след меньше. Видимо, вопреки стереотипам, такие сознательные люди, хоть у них и пивной живот и пахнут они то дрожжами, то перегаром, не станут разбрасывать пустую тару где попало, но аккуратно сложат ее в пакетик и поместят в мусорный контейнер для раздельного сбора. А пиво, как показывает опрос, они предпочитают самое разное. Это и обычный американский лагер, выпускаемый крупными компаниями, и те сорта, что варят маленькие пивоварни, среди которых бывают и очень экзотические. Например, авокадово-медовый эль или пиво на дрожжах, собранных с бороды мастера пивного дела.

А. Мотыляев



# Эволюция беспривязного трактора

*Кстати о реализме. Сидит как-то Слава Логинов, пишет сельскохозяйственную фантастику. И вот есть у него в рассказе тракторист, который по пьяной лавочке тракторы топил в реке. Сидит Логинов и думает: сколько же разрешить ему тракторов утопить — два или три? Два вроде маловато, три — не поверит никто... Женя Лукин смотрит на его мучения и спрашивает: «Слава, а сколько этот мужик на самом деле тракторов утопил?» Логинов тяжело вздыхает и говорит: «Одиннадцать...»*

Герои города Фэндомы. Документальная пьеса

*Так говорили же, что трактора автоматически давать будут! Чтобы самому дома сидеть, поясницу чесать, а он бы за тебя чтобы работал... Третий год обещают...*

Аркадий и Борис Стругацкие. Град обреченный

**Л.Н. НИКОЛЬСКОЙ**, Москва: *В отношении пищевой пленки, которая плохо отделяется от рулона, химические воздействия неуместны, все-таки в нее еду заворачивать; попробуйте поддержать ее в морозильнике, тогда она станет жестче и будет меньше слипаться и рваться.*

**АННЕ**, Великий Новгород: *В США есть компания, которая обещает с помощью лазера осветлять карие и черные глаза, превращая их в голубые и серые, но это технология, как честно сказано на ее сайте (<http://www.stromamedical.com/answers/>), пока не прошла клинические испытания.*

**С.С. ГОЛУБЕВОЙ**, Тула: *Псиллиум, он же исфагула или испагол, — порошок из шелухи семян подорожника блошного *Plantago psyllium*, его добавляют в муку, чтобы улучшить структуру и повысить полезность выпечки; псиллиум может заменить клейковину в безглютеновом тесте.*

**Н.Г. МАСЛОВОЙ**, Красноярск: *Оболочки гелевых капсул для стиральной машины, скорее всего, сделаны из поливинилового спирта, они растворяются в воде и точно ничего нигде не засорят.*

**Л.Н. КУЗНЕЦОВУ**, Казань: *Считается, что отеки и круги под глазами убирают маски с кофеином, с другой стороны, мы лично знаем людей, которым это не особенно помогло.*

**О.Е. СЕРГЕЕВУ**, Москва: *Алюминиевый и медный провода не рекомендуется соединять скруткой из-за гальванической несовместимости и различных коэффициентов расширения при нагреве, так что лучше использовать клеммы.*

**И.М.**, письмо из Интернета: *Выражение «братская могила» по отношению к длинному перечню соавторов в научной статье или авторском свидетельстве, действительно, несколько невежливо — бывает же и такое, что каждый из пятнадцати — двадцати соавторов действительно внес свой вклад...*

**В.В. ЖУРАВЛЕВУ**, Тверь: *Актуальный российский стандарт по строительству сентиков можно найти вот тут: [http://nostroy.ru/standards-snip/system\\_nostroy/](http://nostroy.ru/standards-snip/system_nostroy/)*

Было бы удивительно, если бы фантасты прошлого века, многие из которых выросли в деревнях или на фермах, не мечтали о сельском хозяйстве будущего. Умение видеть общую картину, умение предвидеть тенденции — это свойство коллективного разума научной фантастики диктовало им понимание того, что жить по старинке не получится, что на смену крестьянской лошадке идет действительно стальной конь. В крайнем виде эту тенденцию зафиксировал Генрих Альтов, считавший, что весь технический прогресс направлен на замену естественной среды обитания искусственной и наше дело — сделать эту среду не хуже, а едва ли не лучше природной.

Исай Давыдов в первой книге своей трилогии «Я вернусь через тысячу лет» (1969) писал: «Мы разговариваем с Зигмундом на пульте управления третьего поля. Тут шесть трехкилометровых полос пшеницы, над которыми движутся по рельсам громадные, стометрового размаха полестаны. Эти ажурные фермы из металла и пластмасс и рыхлят землю, и сеют, и поливают, и убирают урожай на своих полосах. Здесь же, на эстакаде перед пультом, киберы прицепляют к фермам то плуги, то бункеры с удобрениями или с зерном, то режущие или молотильные устройства. А сетчатые шланги заложены в самих фермах, и стоит только нажать кнопку на пульте, чтобы над «рядкой» пошел мелкий, морозящий углекислый дождь.

Эти универсальные полестаны придумал очень давно, еще в первой половине двадцатого века, гениальный Михаил Правоторов. Конечно, он придумал их не такими, какие они сейчас, но он нашел принцип, идею. И за эту идею до сих пор благодарны ему потомки».

Идея промышленного земледелия, сверхинтенсивного хозяйствования на земле, была очень распространена в середине прошлого века. Фантастам казалось, что стоит сделать еще один шаг к механизации сельского хозяйства от МТС, вооружить его всеобщим и всеильным (а сейчас мы бы сказали — экологичным) электричеством — столы советских людей начнут ломиться от сельхозпродуктов. В стране, вплоть до конца века испытывавшей вечные дефициты, это было настоящей фантастикой.

Будущее сельского хозяйства, в котором должно остаться как можно меньше рабочих рук, волновало, к примеру, Николая Носова. Его утопия «Незнайка в Солнечном городе» (1958), не слишком-то интересующая историков утопической мысли XX века, содержала внятную технологическую схему такого агропроизводства. «Всю долину занимал один крупнейший круг, который начинался недалеко от подножия холма и кончался вдали у опушки леса. Этот круг как бы состоял из отдельных колец и был похож на планету Сатурн, как ее рисуют в книжках по астрономии. В центре было круглое белое здание, окруженное широким черным кольцом. Черное кольцо, в свою очередь, было опоясано золотисто-желтым кольцом, за ним следовало еще более широкое кольцо — зеленое, и, наконец, снаружи было еще одно, самое огромное, — черное кольцо.

— Все это поле распахан один радиоконбайн, который сеет пшеницу, — сказал Калачик. — Весной он начал обрабатывать землю в середине, вокруг белого здания. Постепенно он захватывал все более широкие круги. Через несколько дней в центре уже зазеленели всходы, потом пшеница заколосилась, потом начала созревать, а комбайн все пахал и пахал. Сейчас в центре уже начал работать уборочный комбайн. Он так же ходит по кругу и убирает пшеницу, по мере того как она созревает. Видите, черное кольцо земли вокруг белого здания? Там пшеница уже убрана. Желтое кольцо — это созревающая пшеница, зеленое кольцо — еще не созревшая. Наружное черное кольцо — это вспаханная земля, на которой посева еще не взошли».

Двуродной сестрой приходится этому комбайну автоматизированная косилка из первой новеллы цикла Клиффорда Саймака «Город» (1944), чем-то по описанию напоминающая и полестаны Давыдова, и пылесос «Румба», и кибердворников



## ХИМИКИ И ЛИРИКИ

Стругацких. Впрочем, писатель предрекал традиционному сельскому хозяйству печальную судьбу. Его в мире «Города» заменила гидропоника — «Гигиенично, мол, и вкус потоньше».

Трактор без тракториста появляется и в романе Владимира Немцова «Семь цветов радуги» (1950). Там его делает сельский рационализатор. До машин без водителя — еще 70 лет. Или больше, судя по развитию событий. Роман — типичнейшее произведение фантастики ближнего прицела. Всего-то фантастического — эксперименты по районированию сельскохозяйственных культур, когда дальневосточную актинидию выращивают в Нечерноземье. И, кстати, кукурузу тоже. Тогда она еще не носила гордого имени «царицы полей», бум и фиаско были впереди.

И там же поля средней полосы покрывает среднеазиатский кок-сагыз. Александр Студитский в повести «Ущелье Батырлар-Джоол» («Дорога богатырей», 1948) отправляет героев в горы Памира в поисках, говоря по-современному, импортозамещения. Ботаники ищут новые сорта кок-сагыза, пригодные для добычи природного каучука, так нужного военной промышленности. Ведь плантация каучуконосов держали в руках проклятые империалисты, а синтетика еще не успела полностью решить проблемы замены естественного искусственным.

Братья Стругацкие заставляют своего любимого героя Алексея Быкова перед отлетом на Венеру в романе «Страна багровых туч» (1958) читать свежую газету:

««Смелее внедрять высокочастотную вспашку» — передовая. «Исландские школьники на каникулах в Крыму», «Дальневосточные подводные совхозы дадут государству сверх плана 30 миллионов тонн планктона», «Запуск новой ТЯЭС мощностью в полтора миллиона киловатт в Верхоянске», «Гонки микровертолетов. Победитель — 15-летний школьник Вася Птицын», «На беговой дорожке 100-летние конькобежцы».

Быков листал газету, шелестя бумагой.

«Фестиваль стереофильмов стран Латинской Америки», «Строительство Англо-Китайско-Советской астрофизической обсерватории на Луне», «С Марса сообщают...»

Быков просмотрел газету, подумал и, сложив, сунул в карман куртки. Это надо взять с собой. Это дыхание Земли, могучий пульс родной планеты, который хочется ощущать и в далеком рейсе. Символ...»

Горькой иронией проникнуты, по видимости, те же строки в рассказе Василия Щепетнева «Золотая рыбка» (1998), варианте «возможного эпилога» к «Стране багровых туч», в котором повеству-

ется, как это было «на самом деле». Авторы склонны согласиться с Щепетневым. Мир покорителей Венеры в романе мыслился писателями Стругацкими именно таким. Просто об этих его подробностях они не подозревали либо считали их несущественными для общей сверхоптимистической картины. А Щепетнев счел.

«В холле, пустынном, гулком, мерцал экран стереовизора. Опять про высокочастотную вспашку. Жизнь идет своим чередом, дорогие товарищи, неуклонно претворяются идеи партии, растет благосостояние, и крепнут ряды.

Новая посевная станет триумфом высокочастотной вспашки — все газеты писали именно об этом, даже «Советский спорт», даже «Оймякон штерн», невесть как попавшая сюда. Да, придется вам научиться мерзлоту пахать, ребятушки. Или надейтесь на манну небесную». По контексту понятно, что произошла ядерная война. Черноземье и Нечерноземье заражены похуже, чем после Чернобыля Полесье. И сельское хозяйство не зря отправляется в зону вечной мерзлоты...

Джон Уиндэм в «Дне триффидов» (1951) в качестве завязки своего апокалипсиса использует случай промышленного шпионажа против СССР, когда авантюрист с Запада крадет семена новой масличной культуры (похвальба Лысенко была услышана и серьезно воспринята англоязычными фантастами, не только Уиндэмом). Распространившиеся семена дали начало триффидам — ценному сельскохозяйственному растению с прискормными побочными свойствами — ходить и убивать. Увы, погоня за дешевыми растительными жирами завершилась всемирной катастрофой, так что невольно приходит мысль — не намекал ли нам автор на что-то?

Фантастическое сельское хозяйство получило новый заряд энергии, когда люди задумались всерьез о дальних звездных полетах. Вольно ж было Александру Беляеву в «Звезде КЭЦ» (1934) выращивать в космической оранжерее фрукты и овощи, словно позаимствованные из пьесы Евгения Шварца «Обыкновенное чудо» (1956). А вот в «Пути на Амальтею» (1959) исследователям системы Юпитера приходится питаться хлорелловой похлебкой. Реальная хлорелла пока не оправдала надежд. Однако все впереди — вот уж генно-модифицированные водоросли с повышенным выходом питательных веществ генетики создать сумеют. И в очень недалеком будущем.

**Владимир Борисов,  
Александр Лукашин**

21-я международная  
выставка химической  
промышленности  
и науки

# ХИМИЯ

## КНИМИА

29.10–01.11.2018



Иновации  
и современные  
материалы



НЕФТЕГАЗОХИМИЯ



Startup ChemZone



Зеленая химия



Индустрия пластмасс



Химмаш. Насосы



Хим-Лаб-Аналит



Салон защиты  
от коррозии «Коррус»



Реклама 12+



Организатор: АО «Экспоцентр»

При поддержке:

- Министерства промышленности и торговли РФ
- Российского Союза химиков
- ОАО «НИИТЭХИМ»
- Российского химического общества им. Д.И. Менделеева
- Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова
- РХТУ им. Д.И. Менделеева

Под патронатом ТПП РФ

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»